

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PATRICK WEIRICH**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO VOLUME DE MADEIRA  
EMPREGADO EM TELHADOS CONVENCIONAIS E NO  
SISTEMA WOOD-FRAME**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2012**

**PATRICK WEIRICH**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO VOLUME DE MADEIRA EMPREGADO EM  
TELHADOS CONVENCIONAIS E NO SISTEMA *WOOD-FRAME***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias

**PATO BRANCO**

**2012**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE COMPARATIVA DO VOLUME DE MADEIRA EMPREGADO EM TELHADOS CONVENCIONAIS E NO SISTEMA WOOD-FRAME por**

**PATRICK WEIRICH**

Aos 22 dias do mês de junho do ano de 2012, às 17:15 horas, no Mini-auditório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 013-TCC/2012.

Orientador: Prof. Dr GUSTAVO LACERDA DIAS (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. ROGÉRIO CARRAZEDO (COECI / UTFPR-PB)

*Dedico esse trabalho a meus pais Laerson e Luclecia, a minha irmã Patricia, aos meus avós Tercilha , Nicolau, Alda e Eduvino (in memorian), e a minha noiva Gabrielli.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, com todo meu coração, a todos que fizeram parte dessa conquista, mesmo que não estejam listados abaixo.

A Deus pela maravilhosa vida que me deu.

A meus pais, Laerson e Luclecia, que sempre estiveram ao meu lado, companheiros, amigos e acima de tudo pai e mãe.

A minha irmã, Patricia, pelo companheirismo que apenas uma verdadeira irmã possui.

A meus avós maternos, Nicolau e Tercilia, pelo aconchego e calor de seus braços.

A meus avós paternos, Eduvino (in memoriam) e Alda os quais dedicaram muito de suas vidas para me cuidar.

Aos meus tios que sempre me acolheram.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias, por me incentivar e conduzir nessa caminhada.

Aos meus colegas e amigos de sala pelas noites de companheirismo e estudo.

Por fim, e não menos importante, a minha noiva Gabrielli que esteve sempre ao meu lado me incentivando e comemorando as conquistas e derrotas juntos, meu muito obrigado.

“Todo aquele, pois, que escuta estas minhas palavras, e as pratica, assemelhá-lo-ei ao homem prudente, que edificou a sua casa sobre a rocha, e desceu a chuva, e correram rios, e assopraram ventos, e combateram aquela casa, e não caiu, porque estava edificada sobre a rocha.” (*Mateus 7: 24-25*)

## RESUMO

WEIRICH, Patrick. Análise comparativa do volume de madeira empregado em telhados convencionais e no sistema *Wood-Frame*. 2012. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

O fechamento superior da edificação, denominado telhado, tem a função de proteger a edificação contra as intempéries. O potencial de madeira plantada para fins comerciais aliado a novas técnicas construtivas revivem o material madeira em grande opção para soluções construtivas atuais. A necessidade de baixo custo do produto final e a demanda de novas moradias elevam a busca por alternativas que se superponham aos modelos convencionais. Considerando um modelo de casa padrão com três modelos de cobertura, dois convencionais e um baseado no sistema leve norte americano tem-se significativa diferença entre as quantidades de madeira necessária para construção dos mesmos e custos com o madeiramento. As variações entre os sistemas e dentro do próprio sistema adotado interferem de forma expressiva na quantidade de material e custos. O telhado leve norte americano apresentou grande vantagem sobre os convencionais, em custo e em racionalização da madeira.

**Palavras-chave:** Cobertura. Construção. Telhado. Alternativa construtiva.

## ABSTRACT

WEIRICH, Patrick. Comparative analysis of the volume of wood used in conventional roofs and *Wood-Frame* system. 2012. 35 f. Completion of course work in Civil Engineering, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2012.

The top closure of the building, called the roof, is intended to protect the building against the weather. The potential of planted timber for commercial purposes combined with new construction techniques relive the material wood in great choice for building solutions current. The need for low cost of the final product and the demand for new homes increase the search for alternatives that are made to coincide with conventional models. Considering a model home with three standard models of coverage, two conventional and one based on the North American lightweight system has significant difference between the amount of wood needed for construction costs and the same with the timber. The variations between systems and within the system adopted interfere significantly in the amount of material and costs. The roof light North American showed a great advantage over conventional, in cost and rationalization of the wood.

**Keywords:** Coverage. Construction. Roof. Constructive alternative.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparativo de florestas plantadas .....	16
Figura 2 - Esquema de uma estrutura de telhado convencional contendo tesouras, terças, caibros e ripas .....	18
Figura 3 – Exemplo de pontaletes travados por tirantes ou por mãos-francesas.....	19
Figura 4 – Tesouras de madeira pré-fabricadas.....	21
Figura 5 – Chapa de aço com dentes estampados – <i>gang-nail</i> .....	22
Figura 6 – Prensa fixa de rolo .....	22
Figura 7 – Modelo de casa de habitação popular.....	24
Figura 8 – Tesoura tipo <i>Howe</i> .....	25
Figura 9 – Modelo Telhado 1 – Tesouras, terças, caibros, ripas e telhas de barro ...	26
Figura 10 – Modelo Telhado 2 – Tesouras, terças e telhas de fibrocimento .....	27
Figura 11 – Modelo Telhado 3 – Tesouras, tablado OSB, ripas e telhas de fibrocimento.....	28
Figura 12 – Comparativo entre custos dos modelos de telhados.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões dos elementos de cada telhado.....	29
Tabela 2 - Volume de material madeira empregado .....	29
Tabela 3 – Demonstrativo de custos .....	30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	13
1.1.1 Objetivos Específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 POTENCIAL DE MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS .....	15
2.2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS NACIONAIS .....	17
2.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA NORTE-AMERICANO .....	20
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>
<b>ANEXO A – Memorial De Cálculo</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande oferta de madeira plantada, um enorme potencial para reflorestamento, bem como inúmeras madeireiras e serrarias que asseguram o fornecimento de madeira.

O emprego de madeira proveniente de florestas plantadas na construção civil possui restrições muito mais de caráter subjetivo do que de caráter qualitativo. Essas restrições ocorrem em decorrência da cultura brasileira e do conceito que casas de madeira não são de boa qualidade (ASSOCIAÇÃO..., 2004), como conseqüência, pode-se observar que a madeira não é utilizada na construção civil como um elemento da engenharia, mas sim como um produto de acabamento.

No Brasil, de acordo com BARROS (1989 *apud* BARALDI; CALIL, 2002), as estruturas de madeira não atingiram um alto nível de industrialização devido principalmente à falta de conscientização dos proprietários quanto à elaboração técnica dos projetos de cobertura, que na maioria das vezes fica a cargo do executor, e a inexistência de políticas públicas para utilização adequada e racional da madeira.

A madeira foi muito utilizada nas construções em meados do século XX, mas a partir da década de 1970 essa tecnologia começou a perder espaço no Brasil devido à inserção maciça das estruturas de concreto, e conseqüentes imposições de mercado, enquanto que no resto do mundo as estruturas de madeira continuaram evoluindo (NAKAMURA, 2010).

Mesmo a madeira sendo um dos materiais de construção mais antigos, a utilização desse material como elemento estrutural no Brasil ainda é desconhecida (NAKAMURA, 2010), e inúmeras vezes atrelada a idéias errôneas como a de que se construir com madeira implica necessariamente no desmatamento de áreas verdes preservadas.

No Brasil a produção de pinus é uma atividade comercial formal que está presente nos Estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, segundo Dossa et. al, (2002) os principais estados produtores de pinus são, Paraná com 71%, Santa Catarina 54%, São Paulo, 69% e Minas Gerais 83%. Sendo, portanto, uma base florestal importante para desenvolver sistemas construtivos sustentáveis.

Com a grande oferta de madeira no sul, muito se utiliza dessa matéria-prima na construção civil. Porém, para que a durabilidade desse material seja elevada é importante à utilização de tratamentos preventivos, realizados em autoclave, utilizando produtos que penetram na madeira e a previna de ataques de pragas que possam danificá-la, aumentando a sua competitividade no setor da construção civil.

A competitividade no setor faz com que as empresas reduzam custos, introduzam melhorias em processos, implementem sistemas de controle, incluam novas tecnologias e desenvolvam novos sistemas construtivos para atender a demanda da população com baixo poder aquisitivo (HOLANDA, 2003 *apud* CAMPOS, 2006).

A pré-fabricação de estruturas pode contribuir para a redução de custo e aliada as novas tecnologias e aos sistemas de controle podem aumentar a competitividade das empresas. Essa pré-fabricação pode ser feita para a edificação como um todo ou em suas partes como estruturas, vedação, revestimentos ou telhado.

Segundo Moliterno (1981) telhado é a composição de cobertura e armação que se destinam a proteger a edificação das intempéries, tais como chuva, vento e impedir a entrada de poeiras e ruídos.

Calil e Molina (2010) fazem analogia da cobertura como uma coroa da construção a qual além de sua configuração geométrica, oferece possibilidades de diversas cores, texturas superficiais e movimentos variados.

O sistema de cobertura mais empregado no Brasil, também denominado sistema convencional, é uma trama formada de ripas, caibros e terças (VALLE et. al, 2008), sendo todas as peças sustentadas pelas tesouras que podem ser ou não apoiadas diretamente na laje. Trocando as tesouras por pontaletes temos o sistema pontaleteado, no qual o pontalete é apoiado diretamente na laje de cobertura e contraventado (VALLE et. al, 2008). Há outros sistemas de coberturas, como por exemplo, os denominados “tesoura-caibro”, os quais são pouco representativos quando comparados aos tradicionais.

Outro sistema que tem potencial para ser implantado no Brasil é o sistema “*wood frame*” o qual segundo Molina e Calil (2010) é um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos

com outros materiais, que possuem finalidade de elevar o conforto térmico e acústico, sem deixar de proteger a edificação das intempéries.

O presente trabalho tem por objetivo analisar e compreender o sistema *wood frame* de coberturas leves em madeira, fazendo um estudo comparativo com sistemas tradicionalmente utilizados no Brasil.

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa-quantitativa para determinar as inter-relações dos sistemas construtivos. Análise de métodos e materiais, abordando aspectos como o potencial de industrialização das tesouras, potencial do emprego de madeiras provenientes de florestas plantadas e sustentabilidade. Para tanto se efetuou um estudo de caso tomando um projeto de casa de padrão popular, fazendo um estudo comparativo do quantitativo de materiais e custos entre:

- Solução com tesouras convencionais;
- Telhado leve Norte Americano *wood frame*;

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo estudar as soluções técnicas para concepção de coberturas de telhado em madeira, fazendo um comparativo entre o modelo de telhado convencional e modelo de telhado leve em madeira *wood frame*.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentar o potencial de emprego de madeiras provenientes de florestas plantadas bem como sua sustentabilidade;
- Descrever o telhado convencional;
- Descrever o modelo de telhado americano leve em madeira *wood frame*;
- Apresentar as diferenças principais entre os sistemas americano e brasileiro;

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A pré-fabricação de sistemas de cobertura é um tema pouco estudado e desenvolvido na construção civil brasileira. Segundo Campos (2006), embora havendo dificuldades na utilização da madeira como elemento construtivo, o sistema leve em madeira oferece “grande potencial e características promissoras para a realidade brasileira” (CAMPOS, 2006), tais como alta qualidade, rapidez na execução com baixo custo e com materiais disponíveis no mercado interno.

A pré-fabricação de estruturas e painéis pode ser uma alternativa para alcançar a racionalização dos recursos e a industrialização da construção civil, que atendam as expectativas dos clientes. Segundo Currie (1993), um telhado em treliças leves de madeira leva a metade do tempo para instalar e reduz o custo do contratante do trabalho.

Silva (2005) afirma ser fundamental a elaboração de um projeto para a cobertura, visando com este atender as expectativas na estética e garantindo que a cobertura agregue valor à construção. A deficiência de projetos detalhando a cobertura a ser empregada na maioria das casas deixa a cargo do executor a elaboração da mesma. Essa elaboração com emprego de técnicas corretas e econômicas fica atrelada à experiência do profissional sem ter registros ou projetos.

A existência de florestas plantadas e a grande quantidade de áreas impróprias para a agricultura que podem ser adequadas a silvicultura asseguram a matéria-prima madeira para a construção civil. As tecnologias empregadas na confecção em fábrica dos elementos pré-fabricados de cobertura no sistema norte-americano, e as etapas necessárias na execução das obras é plenamente adaptável ao contexto brasileiro.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

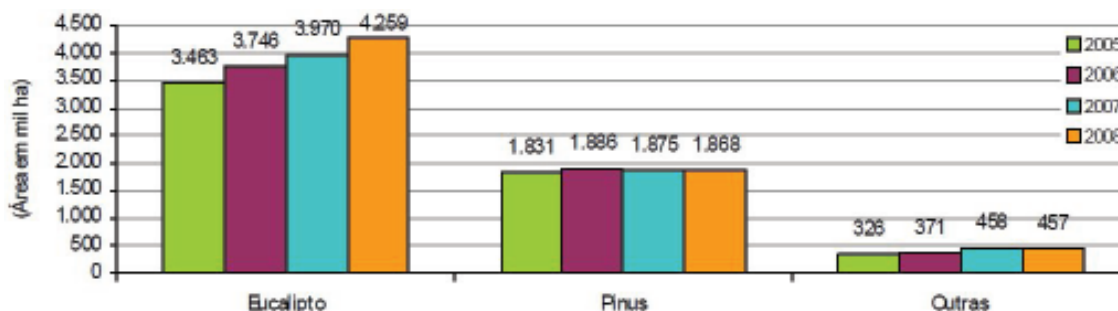
### 2.1 POTENCIAL DE MADEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS

Por muitos anos as árvores nativas eram a principal fonte de madeira para o país, o que acabou elevando ao desmatamento principalmente da floresta amazônica. Dados indicam que entre agosto de 2010 e julho de 2011 a Amazônia Legal perdeu 6.238 km<sup>2</sup> de sua cobertura, número inferior aos 7 mil km<sup>2</sup> referente ao período de agosto de 2009 a julho de 2010 (REMADE, 2012).

Esse decréscimo no desmatamento pode estar relacionado à utilização crescente das florestas plantadas em nosso país. Estas florestas além de trazerem benefícios para o meio ambiente auxiliam na renda de muitas famílias no meio rural. Dois sistemas muito utilizados e que vem crescendo a cada ano é a integração pecuária floresta também denominada de silvipastoril e o sistema integração lavoura – pecuária – floresta com potencial de crescimento considerável em nossa região, esses sistemas possibilitam ao produtor a utilização da área tanto com gado, lavoura e floresta, possibilitando uma renda múltipla para a propriedade e auxiliando no fornecimento de árvores para o setor madeireiro.

Segundo REMADE (2012) os avanços tecnológicos da silvicultura brasileira proporcionaram elevação da produtividade das florestas plantadas em no mínimo dez vezes superior do que nos países de clima temperados. O rápido crescimento das plantações florestais confere ao Brasil vantagem competitiva sobre os demais países, devido às condições favoráveis de clima, solo, extensão territorial, mão-de-obra, infra-estrutura e capacidade gerencial produtiva.

Segundo Associação... (2009), o setor florestal brasileiro contribui com a economia do país devido à geração de produtos de consumo internos e para exportação, criando empregos para a população, gerando impostos para o estado e ajudando a preservar os recursos naturais. A Figura 1 mostra o crescimento de florestas plantadas no Brasil.



**Figura 1 – Comparativo de florestas plantadas**  
**Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO... (2009)**

As espécies mais utilizadas para reflorestamento são o Pinus e o Eucalypto, pois estas apresentam crescimento rápido e pode-se fazer uso da madeira para construções em geral.

Os sistemas de reflorestamento propiciam, segundo Valverde (2007), a redução da pressão sobre a floresta amazônica além de ser um grande aliado do agronegócio da região sul e sudeste do Brasil.

Segundo Coelho e Kwasniews (2008), a espécie norte americana de *Pinus Elliottii* apresenta fácil adaptação, além de facilidade de tratos culturais, possui rápido crescimento e reprodução intensa, principalmente no Sul e no Sudeste do Brasil.

Nos últimos anos a utilização de pinus na indústria madeireira brasileira vem crescendo. Estimativas indicam que 35% do volume de madeira serrada é formado de madeira desse gênero. No país existem aproximadamente 1,5 milhões de hectares plantados (MARTO, 2006).

Um dos principais mercados para a madeira de reflorestamento é o setor de construção civil, concentrando sua participação nos acabamentos, formas de concreto e estruturalmente. Em muitos países o uso da madeira de reflorestamento é bastante difundido, no Brasil madeiras advindas de reflorestamento estão sendo introduzidas de forma crescente na construção civil, e vem superando obstáculos e preconceitos relacionados à qualidade da madeira (ASSOCIAÇÃO..., 2004).

Para que se aumente a vida útil da madeira utilizada na construção civil é importante que se realize o tratamento preservativo nas madeiras serradas, no Brasil segundo Associação... (2004), os tratamentos são realizados com arseniato de cobre cromatado (CCA-Óxido), com 72% de ingredientes ativos, utilizando processo de alta pressão (auto clavados) sendo os mesmos fabricados com o padrão P5 da

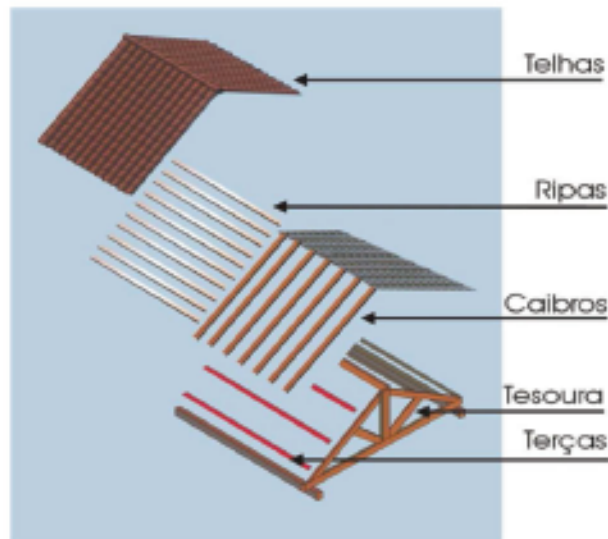
American Wood Preservers' Association. Dentre as características desse tratamento deve-se salientar a alta resistência contra apodrecimento e ataque de insetos, bem como a perfeita segurança para diversos usos dos sistemas de coberturas nacionais e “*wood frame*”, (SACCO; STAMATO, 2008).

## 2.2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS NACIONAIS

Para realizar a construção de uma cobertura é necessário ter conhecimento da importância de cada componente utilizado e a sua função na cobertura. Estes componentes devem ser posicionados de forma correta para que desempenhem suas funções básicas no sistema. Dessa forma torna-se importante a descrição de cada componente utilizado na construção de um telhado.

Segundo Logsdon (2002), as tesouras são estruturas planas verticais (treliças) projetadas para receber cargas que atuem paralelamente a seu plano, transmitindo-as aos apoios; as terças são elementos estruturais que recebem o carregamento dos caibros e o descarregam nas estruturas principais do telhado que são as tesouras. São colocadas perpendiculares às tesouras, sendo que o espaçamento entre terças depende basicamente da telha utilizada e da resistência dos caibros; os caibros são elementos estruturais transversais às terças que servem de apoio as ripas, sendo que o espaçamento dos caibros depende do tipo da telha usada e da resistência das ripas; as ripas são as peças que recebem as telhas, e o espaçamento entre ripas, denominado “galga”, depende do tipo e tamanho das telhas usadas.

Pode-se observar a disposição dos componentes em um telhado executado no sistema convencional (Figura 2).

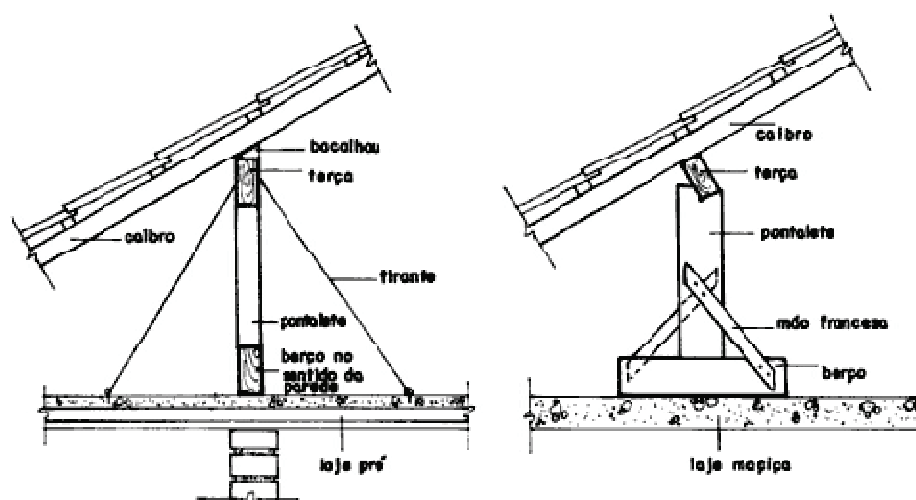


**Figura 2 - Esquema de uma estrutura de telhado convencional contendo tesouras, terças, caibros e ripas**  
**Fonte: Pedrero, 2008.**

As telhas, segundo Calil e Molina (2010), devem garantir a segurança das residências contra as intempéries climáticas, poeira e ruídos. Há no mercado vários tipos de telhas sendo que dentre elas estão as telhas cerâmicas, as de fibrocimento e as metálicas.

Os elementos descritos acima são essências para a construção de um telhado no sistema convencional apoiado nas extremidades. Entretanto, quando a edificação possui laje de concreto armado é possível apoiar as tesouras diretamente sobre a mesma. Esse sistema é mais oneroso e possui pouca finalidade, pois a tesoura perde sua função que é de vencer grandes vãos, podendo nesse caso utilizar o sistema de cobertura pontaletado, que consiste numa estrutura de pontaletes contraventados apoiados diretamente sobre a laje da cobertura (VALLE, 2008).

Os pontaletes têm a mesma função das tesouras, o diferencial em relação às tesouras está no travamento do mesmo (Figura 3), o qual deve ser feito de forma segura por mãos francesas ou tirantes chumbados na laje para dar estabilidade ao conjunto, evitando a deformação ou danificação posterior no telhado.



**Figura 3 – Exemplo de pontaletes travados por tirantes ou por mãos-francesas**  
 Fonte: Adaptado Faz Fácil  
 ([http://www.fazfacil.com.br/reforma\\_construcao/telhado\\_madeira8.html](http://www.fazfacil.com.br/reforma_construcao/telhado_madeira8.html))

Um dos benefícios de se apoiar o telhado sobre a laje é a normalização e isolamento acústico e térmico, proporcionado pela camada de ar que se situa entre as telhas e a laje. Todavia, caso a edificação não possua laje, a colocação de forro aliado a materiais isolantes térmicos e acústicos pode proporcionar uma boa solução.

A construção do telhado se dá inicialmente pela montagem das tesouras e a colocação destas nos seus pontos de apoio. A distância máxima recomendada entre tesouras é de 3 m para telhas cerâmicas, segundo Pedrero (2008), e de 3,5 m a 6 m para telhas de fibrocimento, segundo Gesualdo (2003).

Sobre as tesouras apóiam-se as terças que, devido ao grande espaçamento das tesouras, também são peças de elevada seção transversal. Sobre as terças os caibros são fixados, e sobre estes as ripas. Estas possuem espessura inferior em relação às demais peças, já que sustentam somente as telhas. Nas coberturas onde se empregam telhas autoportantes, (fibrocimento ou metálicas) dispensa-se o uso de caibros e ripas.

Segundo Araújo (2003), as principais formas de ligações entre elementos de madeira são colagem, pregos, parafusos, cavilhas, conectores metálicos, entalhe ou encaixe e tarugos.

O mesmo autor esclarece que as uniões pregadas são utilizadas na fabricação de peças compostas, utilizando impacto para cravar os pregos na madeira, tanto em ligações de montagem quanto ligações definitivas levando-se em consideração as disposições construtivas.

### 2.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA NORTE-AMERICANO

Segundo Campos (2006), o sistema de construção em estruturas leves em madeira “*wood frame*” é bastante difundido na América do Norte para edificações de unidades residenciais, chegando a 90% das construções residenciais nos Estados Unidos.

Molina e Calil (2010) definem o sistema “*wood frame*” para casas em um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo.

A origem dessas construções leves, conforme Campos (2006), advêm da necessidade de um sistema rápido de construção para a colonização do oeste norte-americano concomitantemente com a disponibilidade de pregos e madeira serrada, até então inéditos. Alguns conceitos da Revolução Industrial foram introduzidos no sistema, tais como praticidade, velocidade e produtividade os quais juntos à industrialização das peças e flexibilidade de modulação geraram a sua larga utilização.

O conjunto da cobertura norte-americana é composto por treliças leves (tesouras) pouco espaçadas (Figura 4) usualmente adotado 60 cm entre centros de treliças (AMERICAN... 2001), empregando peças de madeira de pequena seção transversal. Sobre as treliças leves é fixada uma camada de chapas de madeira colada Oriented Strand Board (OSB) pregadas à treliça, a qual proporciona rigidez ao conjunto e fornece uma superfície plana, sobre a qual são postas as mantas de impermeabilização que protegem todos os elementos abaixo da umidade, além de melhorar as condições de conforto térmico, e sobre estas se colocam as ripas para

fixação das telhas. Podem-se empregar todos os tipos de telhas anteriormente citados bem como telha asfáltica, mais conhecidas como *shingle*. Sobre as chapas de OSB pode-se ainda utilizar mantas de impermeabilização para aumentar o conforto térmico dos moradores.



**Figura 4 – Tesouras de madeira pré-fabricadas**  
Fonte: Sacco e Stamato (2008)

As tesouras podem ser montadas no canteiro de obras, mas geralmente são montadas em canteiros centrais ou, como é comum na América do Norte, em fábricas especializadas. As emendas dos elementos das tesouras são feitas através de chapas de aço dentadas (*gang-nail*) (Figura 5) pregadas na madeira. O uso desse mecanismo de emenda agiliza o processo e assegura as mais variadas formas de emendas. Nas fábricas essa emenda é pregada através de um rolo compressor (Figura 6) ou pregadeiras pneumáticas que pressionam os *gang-nails* previamente posicionados, tendo assim, em uma única passada à fixação de todos os *gang-nails* das emendas da tesoura. Após a montagem, as mesmas são empacotadas em grupos de 10 a 20 para facilitar o transporte à obra (CURRIE, 1993).



**Figura 5 – Chapa de aço com dentes estampados – gang-nail**  
Fonte: Gang-nail ([http://gangnail.com.br/index\\_interna.php?c=16&s=52&lang=16](http://gangnail.com.br/index_interna.php?c=16&s=52&lang=16))



**Figura 6 – Prensa fixa de rolo**  
Fonte: Adaptado Calil e Molina (2010)

As treliças são facilmente movimentadas em linha reta, sendo oneroso girar as mesmas após o içamento devido ao grande comprimento longitudinal. De acordo com Currie (1993), as tesouras são tão leves que uma pessoa seria capaz de erguer as tesouras no telhado, espaçá-las e montar todo o telhado. Contudo ressalta-se a possibilidade de ocorrência de envergadura das tesouras, a qual danificaria as peças, recomendando-se o mínimo de duas pessoas para manusear as peças.

Com as treliças içadas e fixadas inicia-se a colocação das chapas de OSB. A fixação das chapas de OSB é feita por meio de pregos com as treliças. Deve-se

cuidar para que as chapas de OSB não estejam molhadas para que não ocorra empenamento. A emenda das chapas pode ser feita com um prego especial similar ao prego telheiro o qual pode ser encontrado no mercado brasileiro, o que acaba impossibilitando o empenamento da borda da chapa. Na cumeeira deve-se deixar um espaço para que haja ventilação do telhado. Sacco e Stamato (2008) alegam que para telhas cerâmicas ou de concreto não há necessidade da colocação do OSB e que estas podem ser aplicadas sobre ripas pregadas às treliças. Neste caso o travamento que o OSB efetuaría deve ser assegurado por meio de travamento no formato “X” entre as tesouras.

As mantas devem ser dispostas uma a uma cuidando com a compatibilidade dos materiais e sobreposição correta.

As ripas devem ser pregadas com o espaçamento adequado à telha que será empregada. A fixação das ripas à estrutura é feita com pregos. Com as ripas fixadas, colocam-se as telhas e fixam-se as mesmas às ripas.

Na parte inferior do telhado deve-se empregar forro. O forro a ser empregado deve atender as necessidades do cliente, devendo ser fixado nas tesouras guias para fixação do forro (SACCO E STAMATO, 2008).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse trabalho elegeu-se um projeto de uma edificação com área de 70 m<sup>2</sup> (Figura 7), sem apresentar muitos recortes no telhado.

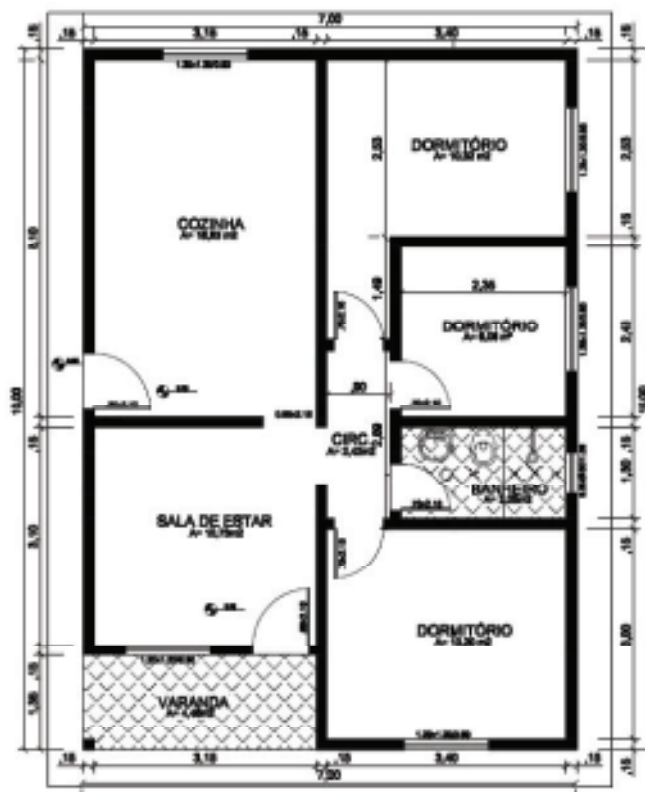


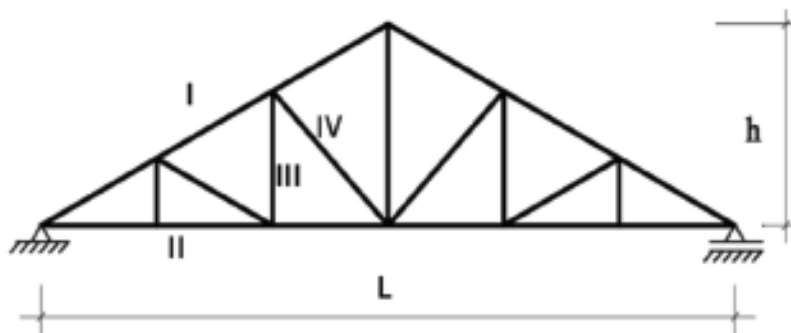
Figura 7 – Modelo de casa de habitação popular  
Fonte: Adaptado COOPERHAF (2008)

Foram dimensionados três modelos de telhados, conforme descritos a seguir:

Modelo 1:

- Tramo com ripas, caibros e terças;
- Sustentação por tesouras convencionais tipo *Howe* (Figura 8);
- Ligações previstas por pregos, as quais são feitas normalmente para projetos similares a este sem verificações, apenas atreladas ao conhecimento empírico dos construtores;
- Telha cerâmica modelo portuguesa com galga de 36 cm;

- Inclinação do telhado de 20 graus;
- Espaçamento entre caibros de 80 cm;
- Espaçamento entre terças de 125 cm;
- Espaçamento entre as tesouras 250 cm, totalizando cinco tesouras.

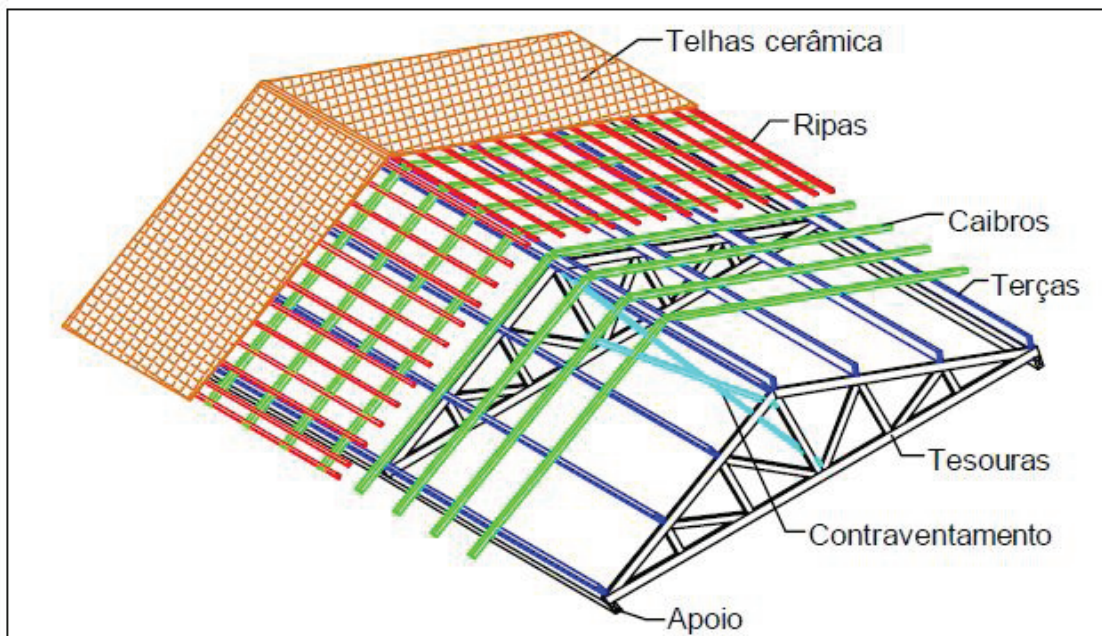


**Figura 8 – Tesoura tipo Howe**  
**Fonte: Adaptado Gesualdo (2003)**

Da Figura 8 tem-se:

- I – banzo superior, perna, loro, empena ou membrana;
- II – banzo inferior, linha tirante ou arrojante;
- III – montante ou pendural;
- IV – diagonal ou escora;

O Modelo 1 está representado na Figura 9.

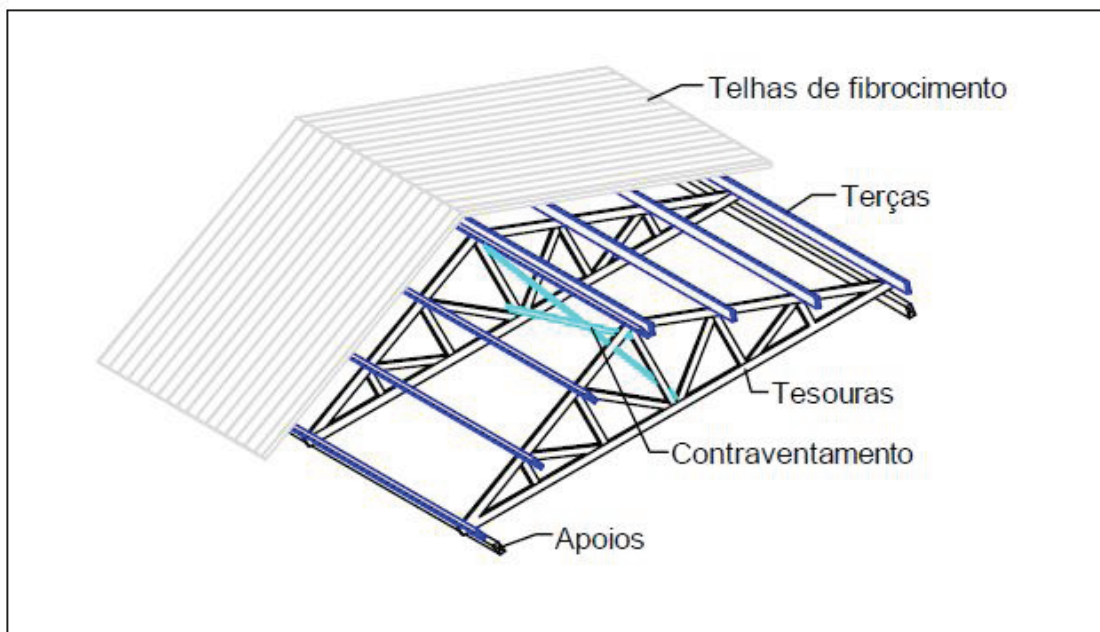


**Figura 9 – Modelo Telhado 1 – Tesouras, terças, caibros, ripas e telhas de barro**  
**Fonte: Autoria própria**

O Modelo 2:

- Telhas de fibrocimento ondulada com comprimento de 1,53 m e espessura de 6 mm;
- Ausência de ripas e caibros;
- Sustentação por tesouras convencionais tipo *Howe*;
- Ligações previstas por pregos, as quais são feitas normalmente para projetos similares a este sem verificações, apenas atreladas ao conhecimento empírico dos construtores;
- Inclinação do telhado de 20 graus;
- Espaçamento entre terças de 125 cm;
- Espaçamento entre as tesouras de 500 cm, totalizando três tesouras.

A Figura 10 exemplifica o Modelo 2.

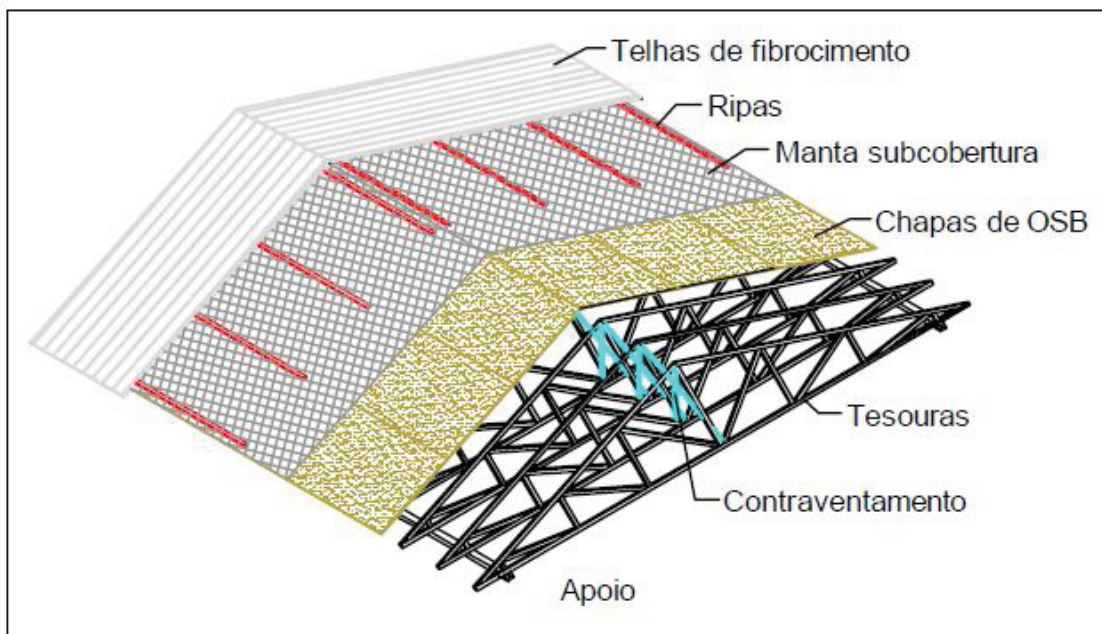


**Figura 10 – Modelo Telhado 2 – Tesouras, terças e telhas de fibrocimento**  
**Fonte: Autoria própria**

O Modelo 3:

- Telhas de fibrocimento ondulada com comprimento de 1,53 m e espessura de 6 mm;
- Ripas espaçadas a 125 cm;
- Sustentação por tesouras leves tipo *Howe*;
- Ligações com chapas de aço estampado (*gang-nail*);
- Inclinação do telhado de 20 graus;
- Espaçamento entre as tesouras de 60 cm;
- Tablado de chapas de OSB, dispostas intercalando as juntas;
- Manta de impermeabilização térmica, acústica e contra goteiras que possam surgir;

O Modelo 3 está representado na Figura 11.



**Figura 11 – Modelo Telhado 3 – Tesouras, tablado OSB, ripas e telhas de fibrocimento**  
**Fonte: Autoria própria**

Optou-se por utilizar a madeira de pinheiro do Paraná para os Modelos 1 e 2 por ser madeira usualmente utilizada na região e madeira de *Pinus Elliottii* para o Modelo 3, sendo esta uma variedade de pinus encontrada em muitas áreas de reflorestamento da região.

Foi seguido o procedimento de verificação dos componentes descrito na NBR 7190 – Projeto De Estruturas De Madeira (ASSOCIAÇÃO... 1997), visando otimização dos mesmos.

Como ação variável foi considerado a ação do vento com velocidade característica de 45 m/s e local desprotegido, localizado na cidade de Pato Branco – PR.

Foram elaboradas tabelas comparativas da seção dos elementos empregados, volume de madeira utilizado para cada modelo e custo médio do madeiramento. As dimensões verificadas são usualmente comercializadas.

### 3.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Efetuada-se as verificações necessárias para cada um dos modelos de cobertura, tem-se as dimensões do madeiramento descritas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Dimensões dos elementos de cada telhado**

Item	Modelo 1		Modelo 2				Modelo 3		
	Conv. barro		Conv. fibrocimento				<i>Wood frame</i>		
	Seção	C. linear	Seção	C. linear	Seção (cm)	C. linear			
	(cm)	(m)	(cm)	(m)		(m)			
Ripas	2,5	5,0	313,6	-	-	-	2,5	5,0	89,6
Caibros	5,0	6,0	161,1	-	-	-	-	-	-
Terças	6,0	16,0	89,6	6,0	16,0	89,6	-	-	-
Banzo superior	3,0	15,0	37,6	3,0	15,0	22,5	3,0	4,0	143,5
Banzo inferior	3,0	8,0	35,0	3,0	8,0	21,0	3,0	4,0	136,0
Diagonais	3,0	6,0	27,2	3,0	6,0	15,9	3,0	4,0	135,3
Montantes	3,0	6,0	20,0	3,0	6,0	12,3	3,0	4,0	79,4
Contraventamento	3,0	8,0	16,8	3,0	8,0	14,0	3,0	2,5	21,1
Chapas OSB 12mm	-	-	-	-	-	-	1,2	244,0	44,8

Fonte: Autoria própria

Com as dimensões dos elementos de cada sistema determinou-se o volume de madeira necessário para cada modelo (Tabela 2).

**Tabela 2 - Volume de material madeira empregado**

Item	Volume m <sup>3</sup>		
	Modelo 1 Conv. barro	Modelo 2 Conv. fibrocimento	Modelo 3 <i>Wood frame</i>
Ripas	0,392	-	0,112
Caibros	0,483	-	-
Terças	0,860	0,860	-
Banzo superior	0,169	0,101	0,172
Banzo inferior	0,084	0,050	0,163
Diagonais	0,049	0,029	0,142
Montantes	0,036	0,022	0,095
Contraventamento	0,040	0,038	0,016
Subtotal	<b>2,114</b>	<b>1,096</b>	<b>0,701</b>
Chapas OSB	-	-	1,312
Total	<b>2,114</b>	<b>1,096</b>	<b>2,012</b>

Fonte: Autoria própria

Para quantificar o custo dos materiais, cotou-se o preço dos mesmos no comércio local, obtendo-se valores médios. Na Tabela 3 temos o demonstrativo de custos dos materiais.

**Tabela 3 – Demonstrativo de custos**

Item	Custo médio (R\$/UN)		Custo Material Total (R\$)		
	Modelos 1 e 2	Modelo 3	Modelo 1 Conv. barro	Modelo 2 Conv. fibrocimento	Modelo 3 Wood frame
Madeiramento m <sup>3</sup>	850,00	500,00	1.796,67	931,62	350,29
Chapas OSB m <sup>3</sup>		820,00	-	-	1.075,63
Manta m <sup>2</sup>	12,50	12,50	875,00	875,00	875,00
TOTAL			2.671,67	1.802,62	2.300,92

**Fonte: Autoria própria**

O custo de tratamento para madeiras possui preço médio de R\$ 410,00/m<sup>3</sup>, independente da madeira.

Sacco e Stamato (2008) ressaltam que devido ao clima do Brasil a madeira de pinus precisa ser tratada em autoclave, a qual, por ser conífera, não apresenta cerne, isso permite que o mesmo receba o tratamento em todo o seu lenho ao contrário do pinheiro do Paraná (*Araucária angustifólia*).

A manta de subcobertura pode ser empregada em ambos os modelos para aumentar o conforto térmico e acústico.

A partir da Tabela 1 pode-se observar a diferença de espessuras entre os componentes das tesouras. A tesoura do Modelo 1, devido a maior carga das telhas cerâmicas comparadas às de fibrocimento e ao peso dos caibros, possui a maior seção do banzo superior, igualando-se ao Modelo 2, o qual possui o dobro de espaçamento entre as tesouras. Verifica-se que trocando a telha cerâmica por telha de fibrocimento e eliminando as ripas e caibros pode-se dobrar o espaçamento entre tesouras, pois o efeito produzido sobre as terças é semelhante, tendo essa a mesma seção transversal.

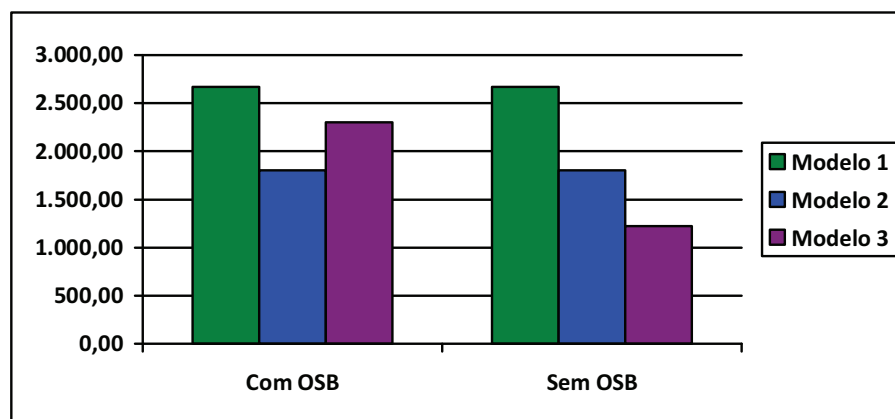
O Modelo 3 apresenta todos os componentes da tesoura com a menor seção transversal comparados aos Modelos 1 e 2, mesmo tendo o tablado de OSB. Verifica-se que o Modelo 2 possui em relação ao Modelo 3 mesma telha, sem tablado de OSB e, devido ao grande espaçamento entre as tesouras apresenta uma seção robusta das tesouras que o Modelo 3 o qual possui as tesouras próximas.

Os volumes apresentados na Tabela 2 mostram que o Modelo 1 consome aproximadamente 93% mais madeira que o Modelo 2 e 5% que o Modelo 3. O Modelo 3 consome aproximadamente 84% mais madeira que o Modelo 2.

Se desconsiderarmos o tablado de OSB do Modelo 3, o qual tem a importância de propiciar maior rigidez ao conjunto bem como fornecer isolamento térmico e acústico, devido as telhas serem autoportantes, temos uma redução de aproximadamente 65% do consumo de madeira, fazendo com que a diferença entre o Modelo 2 e 3 se reverta. Dessa forma o Modelo 2 consumirá aproximadamente 56% mais madeira que o Modelo 3.

No que se refere ao custo, temos uma variação significativa entre o pinho e o pinus no valor por unidade. Essa diferença distancia os valores finais de custos do Modelo 1 em relação ao Modelo 3 e aproxima o Modelo 2 do Modelo 3.

Desconsiderando o tablado de OSB os custos do Modelo 3 assume a importância de R\$ 1.225,29. Com base nesse novo valor temos uma diferença entre o Modelo 1 e Modelo 3 de aproximadamente 54%, e de 30 entre o Modelo 2 e Modelo 3. A Figura 12 exemplifica as diferenças de custos.



**Figura 12 – Comparativo entre custos dos modelos de telhados**  
Fonte: Autoria própria

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se que as variações entre os sistemas, e as variações dentro de cada sistema, podem alterar significativamente as diferenças entre eles tanto em quantidade de materiais empregados quanto em custos finais.

O Modelo 1 apresenta o maior consumo de madeira e por conseqüência maior custo, o qual pode ter grande impacto em produção de casas em série.

O Modelo 2 apresenta racionalização do consumo de madeira, mas devido a variedade de madeira empregada, a qual agrega custo em comparação a madeira do Modelo 3, tem o custo final elevado, embora sendo de baixo custo comparado ao Modelo 1.

Eliminando o tablado de OSB temos o Modelo 3 com melhor racionalização de madeira e, por conseqüência, menor custo com madeira. Essas qualidades aliadas a possibilidade de produção em série mostram o Modelo 3 como possibilidade viável ao contexto.

As grandes diferenças de percentuais entre os modelos analisados mostram o quão importante é o estudo da cobertura a ser empregada e qual sistema construtivo empregar.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Tereza D. P. de; Notas de aulas construções de edifícios I Telhado. Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia Estrutural e construção civil. Ceará, 2003, 29p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Estudo setorial 2009 ano base 2008 Indústria de madeira processada mecanicamente. Disponível em: <[http://www.ASSOCIAÇÃO...com.br/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=31&Itemid=37&limitstart=30](http://www.ASSOCIAÇÃO...com.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=37&limitstart=30)>. Acesso em 02 dez 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Preservação de madeira. Artigo técnico nº 17. Abril 2004. Disponível em: <[http://www.ASSOCIAÇÃO...com.br/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=31&Itemid=37&limitstart=30](http://www.ASSOCIAÇÃO...com.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=31&Itemid=37&limitstart=30)>. Acessado em 02 dez. 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

BARALDI, Lívio T.; CALIL, Carlito Jr. Método de ensaio de ligações de estruturas de madeira por chapas com dentes estampados. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 18, p. 1-23, 2002.

CALIL, Carlito Jr.; MOLINA, Julio C.; **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo: Pini, 2010.

CAMPOS, Rubens J. A. **Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias**. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da edificação e saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

COELHO, Marcio H.; KWASNIEWS, Cristian M. Aspectos econômicos do reflorestamento de pinus na pequena propriedade rural: um estudo de caso. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 4, 2008, Ponta Grossa. **Anais...**, 2008.

COOPERATIVA DE HABITAÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES. **COOPERHAF**. Disponível em :<  
<http://www.cooperhaf.org.br/site/#/habitacao/modelos-de-casas>>. Acessado em: 12 abr. 2012.

CURRIE, Mark. **Rough Framing Carpentry**. Craftsman Book Company Carlsbad, CA.1993.

DOSSA Derli; SILVA Helton D; BELLOTE Antonio F. J; RODIGHERI Honorino R. Produção e Rentabilidade de Pínus em Empresas Florestais- comunicado técnico (Embrapa). Colombo, PR. 2002.

FAZ FÁCIL. Telhado madeiramento – pontaletado. Disponível em:  
<[http://www.fazfacil.com.br/reforma\\_construcao/telhado\\_madeira8.html](http://www.fazfacil.com.br/reforma_construcao/telhado_madeira8.html)>. Acessado em: 05 jun. 2012.

GANG-NAIL; Disponível em:<  
[http://gangnail.com.br/index\\_interna.php?c=16&s=52&lang=16](http://gangnail.com.br/index_interna.php?c=16&s=52&lang=16)>. Acessado em: 06 jun 2012.

GESUALDO, Francisco A. R. Notas de aula de Estruturas de madeira. Faculdade de engenharia civil. Uberlândia, 2003. 93 p.

LOGSDON, Norman B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Cuiabá - MT, 2002, 62 p.

MARTO, Giovana B. T. Indicações para escolha de espécies de *Pinus*. Disponível em: <[http://www.ipef.br/silvicultura/escolha\\_pinus.asp](http://www.ipef.br/silvicultura/escolha_pinus.asp)> Acessado em: 15 março 2012.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 2. ed. São Paulo: Blücher, 1981.

MOLINA, Julio C.; CALIL Carlito Jr. Sistema construtivo em *Wood frame* para casas de madeira. **Semina: Ciências exatas e tecnológicas.**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

NAKAMURA, Juliana. Light wood frame. **Revista Técnica**. Ed 148, jul. 2009. Disponível em: <[www.revistatechne.com.br](http://www.revistatechne.com.br)>. Acessado em: 03 jun. 2012.

PEDRERO, Marco A. **Manual de instalações telhas Lopes**. São Paulo, 2008. 24p.

REVISTA DA MADEIRA, REMADE, Disponível em:  
<<http://www.remade.com.br/br/noticia.php?num=10100&title=Economia%20florestal%20no%20Brasil%20ainda%20n%E3o%20atende%20%E0s%20expectativas2012-06-03>>. Acessado em: 31 mar. 2012.

REVISTA DA MADEIRA, REMADE, Disponível em:  
<<http://www.remade.com.br/br/noticia.php?num=9766&title=Amaz%F4nia%20perdeu%207%20km%B2%20de%20floresta%20em%20dois%20meses,%20afirma%20Inpe>>. Acessado em: 31 mai. 2012.

SACCO, Marcelo F.; STAMATO, Guilherme C. Light wood frame - construções com estrutura leve de madeira. Disponível em:  
<<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/140/light-wood-frame-construcoes-com-estrutura-leve-de-madeira-117396-3.asp>>. Acessado em: 20 mai. 2012.

SILVA, Luciano Segundo da. **Evolução dos sistemas de coberturas utilizados no Brasil**. 2005. 109f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

TELHA ONDULADA ETERNIT. Disponível em:  
<<http://www.eternit.com.br/userfiles/4%20Ondulada%206%20e%208mm.pdf>>.  
Acessado em: 28 abr. 2012.

VALVERDE, Sebastião R. Plantações de Eucalipto no Brasil. Revista da madeira - edição nº107 - setembro de 2007. Disponível em:  
<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1132&subject=Eucalipto&title=Planta%E7%F5es%20de%20Eucalipto%20no%20Brasil](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1132&subject=Eucalipto&title=Planta%E7%F5es%20de%20Eucalipto%20no%20Brasil)>. Acesso em: 02 dez 2012.

VALLE, Ivan M.; R. do.; INO, Akemi.; SHIMBO Ioshiaqui.; GAETANI Marcelo. Análise da viabilidade do sistema de cobertura em painéis pré-fabricados de madeira: produtividade e custo. estudo de caso do assentamento rural sepé- Tiarajú. SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12, 2008 Fortaleza. **Anais...**, 2008.

## ANEXO A – Memorial De Cálculo

### 1. AÇÕES DEVIDAS AO VENTO CONFORME NBR 6123 – FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES

- Velocidade básica do vento:  $V_0 = 45$  m/s (Figura 1 – Isopletas da velocidade básica  $V_0$  (m/s));
- Fator topográfico:  $S_1 = 1,0$  (terreno plano ou fracamente acidentado);
- Rugosidade do terreno:  $S_2 = 0,88$  (Tabela 2 – Fator  $S_2$ , categoria III, classe A, altura  $(z) < 5$ m);
- Fator estatístico:  $S_3 = 1,0$  (Tabela 3 – Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$ , grupo 2, edificações para residências);
- Velocidade característica do vento:  $V_k = 39,6$  m/s;
- Pressão dinâmica:  $q = 98,01$  kgf/m<sup>2</sup>.

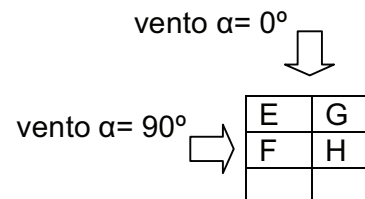
#### 1.1. Coeficientes De Pressão E De Forma Externos, Com Base Na Tabela 5.

Dados de entrada:

- Inclinação da cobertura:  $\theta = 20^\circ$ ;
- Altura relativa:  $h/b < 1/2$ ;

Valores de  $C_e$ :

$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
EF = -0,4	EG = -0,7
GH = -0,4	FH = -0,6



#### 1.2. Coeficientes De Pressão Interna

Admitida uma condição de permeabilidade, enquadrando-se a edificação ao caso do item 6.2.5 da NBR 6123.

Valores de  $c_{pi}$ :

- $\alpha = 90^\circ$  (vento perpendicular a uma face permeável):  $c_{pi} = +0,2$ ;
- $\alpha = 0^\circ$  (vento perpendicular a uma face impermeável):  $c_{pi} = -0,3$ ;

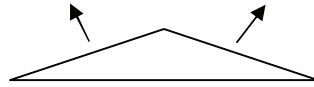
### 1.3. Pressões Efetivas No Telhado

$$\Delta p_i = (C_e - C_i) * q$$

Considerou-se  $C_i$  igual a  $c_{pi}$ .

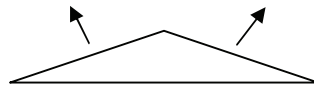
#### ➤ Vento a 90°

- $C_e = -0,4$
- $c_{pi} = +0,2$
- $\Delta p_i = 58,81 \text{ kgf/m}^2$ ;



#### ➤ Vento a 0°

- $C_e = -0,7$
- $c_{pi} = -0,3$
- $\Delta p_i = 39,20 \text{ kgf/m}^2$ ;



## 2. TELHADO CONVENCIONAL COM TELHAS CERÂMICAS

### 2.1. Dados Gerais

#### 2.1.1. Geometria do telhado

- Inclinação: 20°;
- Beiral frente, fundos e laterais de 0,70 m;
- Tesoura tipo *Howe* (diagonais normais);
- Vão da tesoura: 7,00 m;
- Vão entre tesouras: 2,50 m;
- Vão entre terças: 1,25 m;
- Vão entre caibros: 0,60 m;
- Vão entre ripas (galga): 36 cm (fonte: Manual de Instalações Telhas Lopes);

### 2.1.2. Propriedades da madeira conforme NBR 07190 – Projeto de Estruturas de Madeira, anexo E.

- Madeira considerada: Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*);
- Massa específica aparente:  $\rho_{ap(12\%)} = 580 \text{ kg/m}^3$ ;
- Resistência média à compressão paralela as fibras:  $f_{c0} = 40,9 \text{ MPa}$ ;
- Resistência média à tração paralela às fibras:  $f_{t0} = 93,1 \text{ MPa}$ ;
- Resistência média ao cisalhamento:  $f_v = 8,8 \text{ MPa}$ ;
- Módulo de elasticidade longitudinal:  $E_{c0} = 15225 \text{ MPa}$ ;

### 2.1.3. Resistências de cálculo conforme NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira

Coefficientes de modificação  $K_{mod}$  considerados:

- $K_{mod1} = 0,7$  (Tabela 10, classe de carregamento de longa duração);
- $K_{mod2} = 0,8$  (Tabela 11, classe de umidade 3);
- $K_{mod3} = 0,8$  (coníferas na forma de peças estruturais maciças de madeira serrada);
- $f_{c0,d} = 9,16 \text{ MPa}$ ;
- $f_{t0,d} = 16,22 \text{ MPa}$ ;
- $f_{v,d} = 1,53 \text{ MPa}$ ;
- $E_{c0,ef} = 6820,8 \text{ MPa}$ ;

## 2.2. Carregamentos Considerados

### 2.2.1. Cargas permanentes

- Telha cerâmica (molhada):  $50,4 \text{ kg/m}^2$  (fonte: Manual de Instalações Telhas Lopes);
- Ripas (seção 2,5cm X 5,0cm):  $2,37 \text{ kg/m}^2$ ;
- Caibros (seção 5,0cm X 6,0cm):  $2,93 \text{ kg/m}^2$ ;

- Terças (seção 6,0cm X 16,0cm): 5,21 kg/m<sup>2</sup>;
- Banzo superior (seção 3,0cm X 15,0cm): 1,02 kg/m<sup>2</sup>;
- Banzo inferior (seção 3,0cm X 8,0cm): 0,51 kg/m<sup>2</sup>;
- Montantes (seção 3,0cm X 6,0cm): 0,22 kg/m<sup>2</sup>;
- Diagonais (seção 3,0cm X 6,0cm): 0,30 kg/m<sup>2</sup>;
- Contraventamento (seção 3,0cm X 8,0cm): 0,24 kg/m<sup>2</sup>;

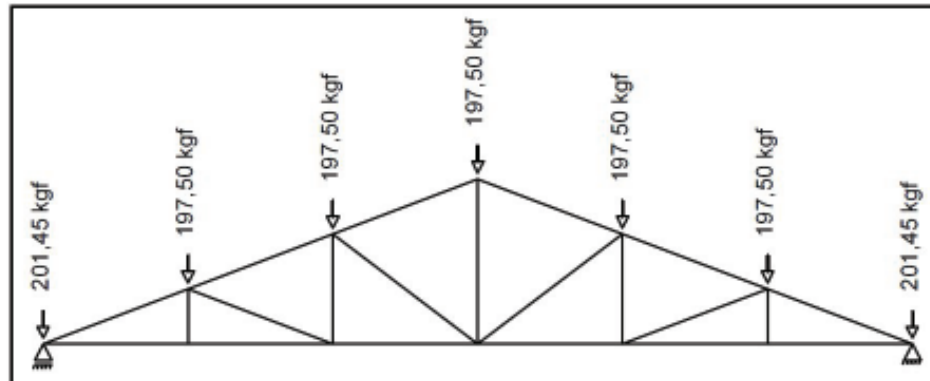


Gráfico com ações permanentes não majoradas

### 2.2.2. Cargas variáveis

- Sobrepressão
  - Sobrecarga de manutenção: 30 kg/m<sup>2</sup> (desconsiderado a ação do vento por ser menor que esta);

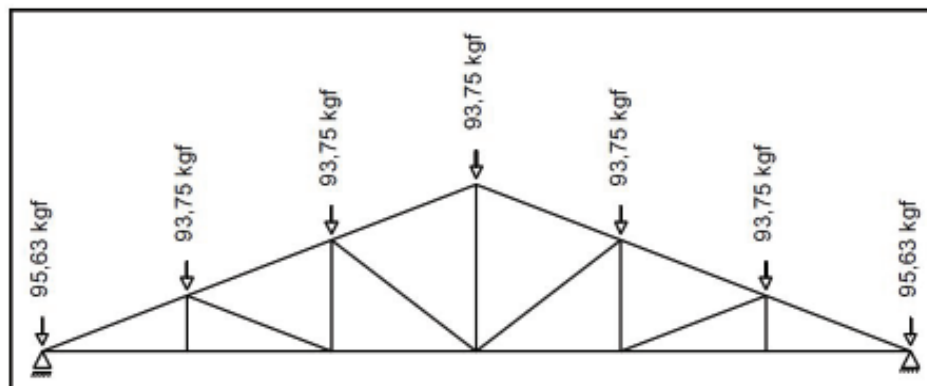


Gráfico com ações de sobrepressão não majoradas

➤ Sucção

- Desconsiderada devido às telhas não serem presas a estrutura;

### 2.3. Verificação Dos Elementos Da Treliça - Vento de Pressão

Por não ser considerado sucção no telhado não temos a possibilidade de inversão de valores para as ações nos elementos.

#### Esforços Solicitantes

Elemento	Compressão (kN)	Tração (kN)	Comprimento (m)
<b>Banzo Superior</b>	25,10	-	1,25
<b>Banzo Inferior</b>	-	23,34	1,17
<b>Montante</b>	0,56	-	0,44
<b>Montante</b>	-	7,28	1,33
<b>Diagonais</b>	5,99	-	1,47

OBS: Esforços já majoradas.

#### Verificação das Tensões

Elemento	$\sigma_{Nd}$ (MPa)	$f_{c0,d}$ (MPa)	Condição: $\sigma_{Nd} \leq f_{c0,d}$
<b>Banzo Superior</b>	8,98	9,16	Condição satisfeita
<b>Banzo Inferior</b>	8,74	16,22	Condição satisfeita
<b>Montante</b>	0,37	9,16	Condição satisfeita
<b>Montante</b>	4,04	16,22	Condição satisfeita
<b>Diagonais</b>	6,62	9,16	Condição satisfeita

## 3. TELHADO CONVENCIONAL COM TELHAS DE FIBROCEMENTO

### 3.1. Dados Gerais

#### 3.1.1. Geometria do telhado

- Inclinação: 20°;
- Beiral frente, fundos e laterais de 0,70 m;
- Tesoura tipo *Howe* (diagonais normais);
- Vão da tesoura: 7,00 m;
- Vão entre tesouras: 5 m;

- Vão entre terças: 1,25 m;

### 3.1.2. Propriedades da madeira conforme NBR 07190 – Projeto de Estruturas de Madeira, anexo E.

- Madeira considerada: Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*)
- Massa específica aparente:  $\rho_{ap(12\%)} = 580 \text{ kg/m}^3$ ;
- Resistência média à compressão paralela as fibras:  $f_{c0} = 40,9 \text{ MPa}$ ;
- Resistência média à tração paralela às fibras:  $f_{t0} = 93,1 \text{ MPa}$ ;
- Resistência média ao cisalhamento:  $f_v = 8,8 \text{ MPa}$ ;
- Módulo de elasticidade longitudinal:  $E_{c0} = 15225 \text{ MPa}$ ;

### 3.1.3. Resistências de cálculo conforme NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira

Coefficientes de modificação  $K_{mod}$  considerados:

- $K_{mod1} = 0,7$  (Tabela 10, classe de carregamento de longa duração);
- $K_{mod2} = 0,8$  (Tabela 11, classe de umidade 3);
- $K_{mod3} = 0,8$  (coníferas na forma de peças estruturais maciças de madeira serrada);
- $f_{c0,d} = 9,16 \text{ MPa}$ ;
- $f_{t0,d} = 16,22 \text{ MPa}$ ;
- $f_{v,d} = 1,53 \text{ MPa}$ ;
- $E_{c0,ef} = 6820,8 \text{ MPa}$ ;

## 3.2. Carregamentos Considerados

### 3.2.1. Cargas permanentes

- Telha de fibrocimento:  $18,0 \text{ kg/m}^2$  (fonte: telha ondulada Eternit 6mm);
- Terças (seção 6,0cm X 16,0cm):  $5,21 \text{ kg/m}^2$ ;
- Banzo superior (seção 3,0cm X 15,0cm):  $0,61 \text{ kg/m}^2$ ;

- Banzo inferior (seção 3,0cm X 8,0cm): 0,31 kg/m<sup>2</sup>;
- Montantes (seção 3,0cm X 6,0cm): 0,13 kg/m<sup>2</sup>;
- Diagonais (seção 3,0cm X 6,0cm): 0,17 kg/m<sup>2</sup>;
- Contraventamento (seção 3,0cm X 8,0cm): 0,20 kg/m<sup>2</sup>;

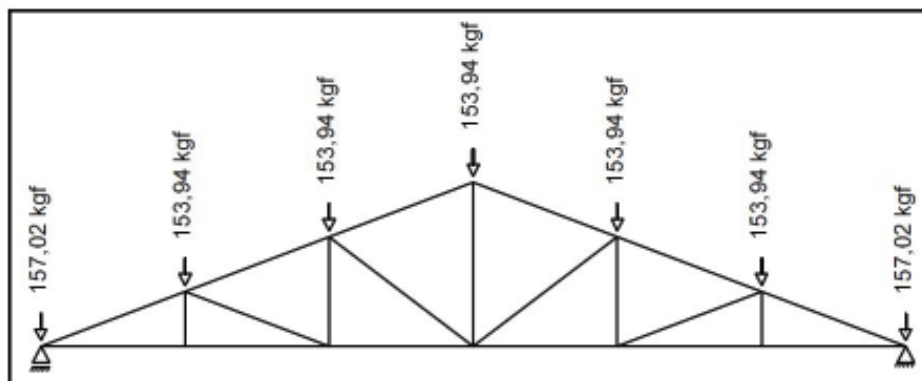


Gráfico com ações permanentes não majoradas

### 3.2.2. Cargas variáveis

- Sobrepressão
  - Sobrecarga de manutenção: 30 kg/m<sup>2</sup> (desconsiderado a ação do vento por ser menor que esta);

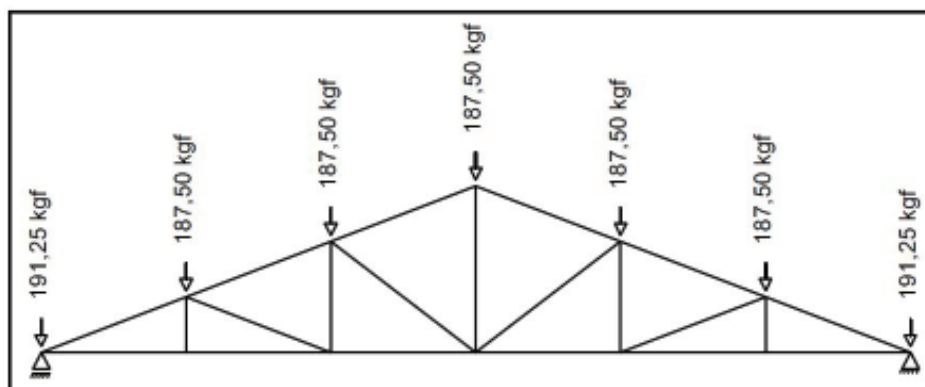


Gráfico com ações de sobrepressão não majoradas

- Sucção
  - Pior situação de sucção do vento, 58,81 kg/m<sup>2</sup>, vento à 90°;

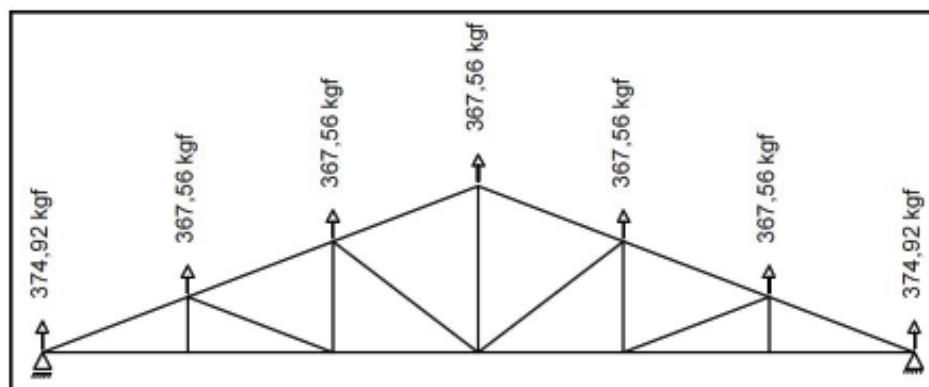


Gráfico com ações de sucção não majoradas

### 3.3. Verificação Dos Elementos Da Treliça - Vento de Pressão

#### Esforços Solicitantes

Elemento	Compressão (kN)	Tração (kN)	Comprimento (m)
Banzo Superior	20,44	-	1,25
Banzo Inferior	-	19,08	1,17
Montante	0,46	-	0,44
Montante	-	5,93	1,33
Diagonais	4,88	-	1,47

OBS: Esforços já majoradas.

#### Verificação das Tensões

Elemento	$\sigma_{Nd}$ (MPa)	$f_{c0,d}$ (MPa)	Condição: $\sigma_{Nd} \leq f_{c0,d}$
Banzo Superior	8,37	9,16	Condição satisfeita
Banzo Inferior	7,95	16,22	Condição satisfeita
Montante	0,25	9,16	Condição satisfeita
Montante	3,30	16,22	Condição satisfeita
Diagonais	5,39	9,16	Condição satisfeita

### 3.4. Verificação Dos Elementos Da Treliça - Vento de Sucção

#### Esforços Solicitantes

Elemento	Compressão (kN)	Tração (kN)	Comprimento (m)
Banzo Superior	-	22,28	1,25
Banzo Inferior	20,81	-	1,17
Montante	-	0,50	0,44
Montante	6,47	-	1,33
Diagonais	-	5,32	1,47

OBS: Esforços já majoradas.

## Verificação das Tensões

Elemento	$\tau Nd$ (MPa)	$f_{c0,d}$ (MPa)	Condição: $\tau Nd \leq f_{c0,d}$
<b>Banzo Superior</b>	4,95	16,22	Condição satisfeita
<b>Banzo Inferior</b>	8,67	9,16	Condição satisfeita
<b>Montante</b>	6,81	16,22	Condição satisfeita
<b>Montante</b>	0,28	9,16	Condição satisfeita
<b>Diagonais</b>	5,39	16,22	Condição satisfeita

4. TELHADO COM ESTRUTURA DO TIPO *WOOD FRAME*

## 4.1. Dados Gerais

## 4.1.1. Geometria do telhado

- Inclinação: 20°;
- Beiral frente, fundos e laterais de 0,70 m;
- Tesoura tipo *Howe* (diagonais normais);
- Vão da tesoura: 7,00 m;
- Vão entre tesouras: 0,60 m;
- Vão entre ripas: 1,25 m;

## 4.1.2. Propriedades da madeira conforme NBR 07190 – Projeto de Estruturas de Madeira, anexo E.

- Madeira considerada: *Pinus elliottii* (*Pinus elliottii* var. *elliottii*)
- Massa específica aparente:  $\rho_{ap(12\%)} = 560 \text{ kg/m}^3$ ;
- Resistência média à compressão paralela as fibras:  $f_{c0} = 40,4 \text{ MPa}$ ;
- Resistência média à tração paralela às fibras:  $f_{t0} = 66,0 \text{ MPa}$ ;
- Resistência média ao cisalhamento:  $f_v = 7,4 \text{ MPa}$ ;
- Módulo de elasticidade longitudinal:  $E_{c0} = 11889 \text{ MPa}$ ;

#### 4.1.3. Resistências de cálculo conforme NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira

Coefficientes de modificação  $K_{mod}$  considerados:

- $K_{mod1} = 0,7$  (Tabela 10, classe de carregamento de longa duração);
- $K_{mod2} = 0,8$  (Tabela 11, classe de umidade 3);
- $K_{mod3} = 0,8$  (coníferas na forma de peças estruturais maciças de madeira serrada);
- $f_{c0,d} = 9,05$  MPa;
- $f_{t0,d} = 11,50$  MPa;
- $f_{v,d} = 1,29$  MPa;
- $E_{c0,ef} = 5326,27$  MPa;

#### 4.2. Carregamentos Considerados

##### 4.2.1. Cargas permanentes

- Telha de fibrocimento:  $18,0 \text{ kg/m}^2$  (fonte: telha ondulada Eternit 6mm);
- Ripas (seção 2,5cm X 5,0cm):  $0,68 \text{ kg/m}^2$ ;
- Banzo superior (seção 3,0cm X 4,0cm):  $1,04 \text{ kg/m}^2$ ;
- Banzo inferior (seção 3,0cm X 4,0cm):  $0,99 \text{ kg/m}^2$ ;
- Montantes (seção 3,0cm X 4,0cm):  $0,58 \text{ kg/m}^2$ ;
- Diagonais (seção 3,0cm X 4,0cm):  $0,86 \text{ kg/m}^2$ ;
- Tablado de OSB (chapas 12mm, seção 1,22m X 2,44m):  $7,94 \text{ kg/m}^2$ ;

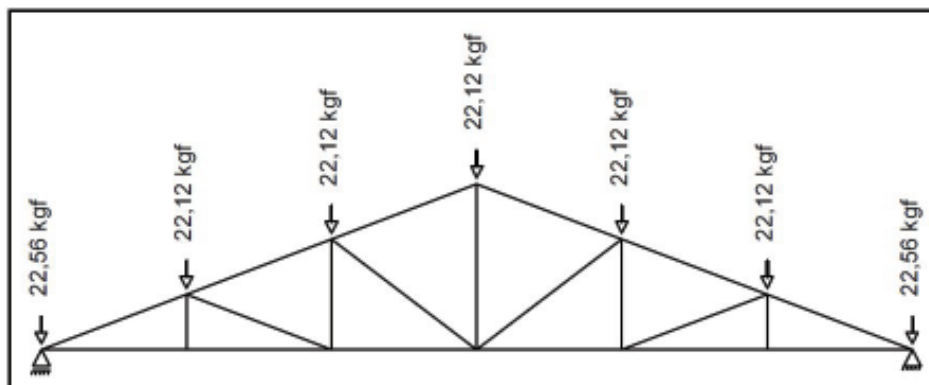


Gráfico com ações permanentes não majoradas

#### 4.2.2. Cargas variáveis

##### ➤ Sobrepressão

- Sobrecarga de manutenção:  $30 \text{ kg/m}^2$  (desconsiderado a ação do vento por ser menor que esta);

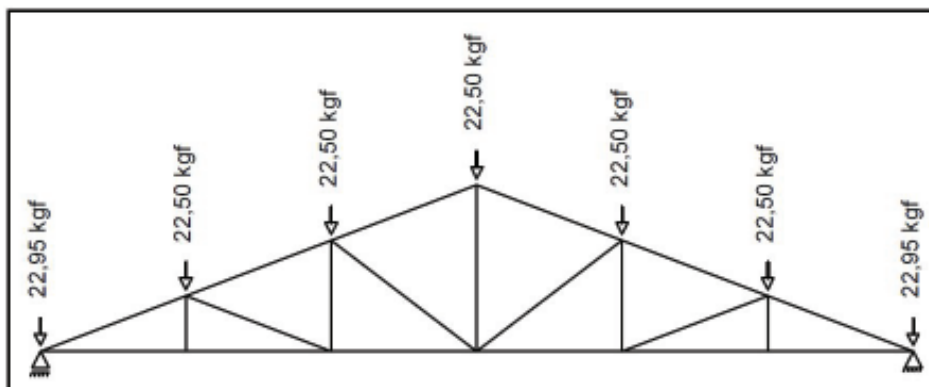


Gráfico com ações de sobrepressão não majoradas

##### ➤ Sucção

- Pior situação de sucção do vento,  $58,81 \text{ kgf/m}^2$ , vento à  $90^\circ$ ;

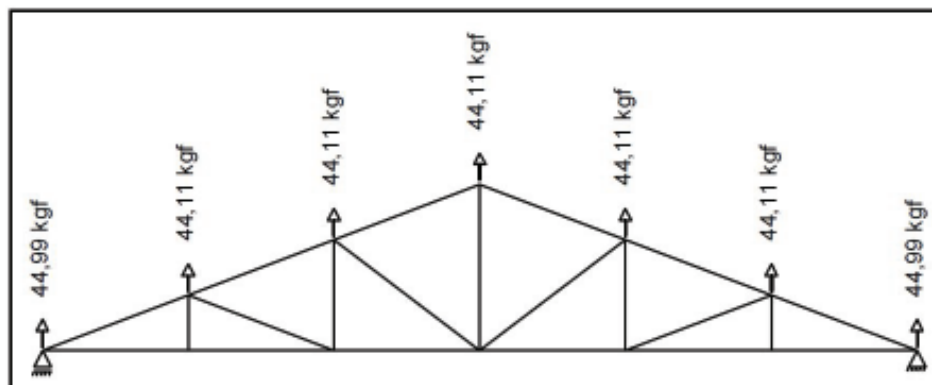


Gráfico com ações de sucção não majoradas

## 4.3. Verificação Dos Elementos Da Treliça - Vento de Pressão

## Esforços Solicitantes

Elemento	Compressão (kN)	Tração (kN)	Comprimento (m)
Banzo Superior	4,17	-	1,25
Banzo Inferior	-	3,90	1,17
Montante	-	1,19	1,33
Diagonais	0,98	-	1,47

OBS: Esforços já majorados.

## Verificação das Tensões

Elemento	$\tau Nd$ (MPa)	$fc_{0,d}$ (MPa)	Condição: $\tau Nd \leq fc_{0,d}$
Banzo Superior	5,11	9,05	Condição satisfeita
Banzo Inferior	3,25	11,50	Condição satisfeita
Montante	0,99	11,50	Condição satisfeita
Diagonais	1,62	9,05	Condição satisfeita

## 4.4. Verificação Dos Elementos Da Treliça - Vento de Sucção

## Esforços Solicitantes

Elemento	Compressão (kN)	Tração (kN)	Comprimento (m)
Banzo Superior	-	1,60	1,25
Banzo Inferior	1,49	-	1,17
Montante	0,46	-	1,33
Diagonais	-	0,38	1,47

OBS: Esforços já majorados.

## Verificação das Tensões

<b>Elemento</b>	<b><math>\tau_{Nd}</math> (MPa)</b>	<b><math>f_{c_{0,d}}</math> (MPa)</b>	<b>Condição: <math>\tau_{Nd} \leq f_{c_{0,d}}</math></b>
<b>Banzo Superior</b>	1,08	11,05	Condição satisfeita
<b>Banzo Inferior</b>	2,21	9,05	Condição satisfeita
<b>Montante</b>	0,72	9,05	Condição satisfeita
<b>Diagonais</b>	0,31	11,50	Condição satisfeita