

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

Olmeris Lodi Junior

**ÁBACOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS
DE COBERTURAS EM DUAS ÁGUAS**

Guarapuava
Novembro de 2018

OLMERIS LODI JUNIOR

**ÁBACOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS
DE COBERTURAS EM DUAS ÁGUAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Guarapuava,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Edson Florentino De Souza

Guarapuava
Novembro de 2018

OLMERIS LODI JUNIOR

TÍTULO

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Responsável pela disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Guarapuava, Novembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Edson Florentino De Souza (UTFPR) - Orientador/Presidente
Mestre pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Prof. MSc. Carlos Francisco Pecapedra De Souza (UTFPR)
Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. MSc. Dyorgge Alves Silva (UTFPR)
Mestre pela Universidade de Brasília (UnB)

Dedico este trabalho ao primeiro e único homem da minha vida, meu amor maior: meu pai. Por onde quer que eu vá, te levarei sempre comigo, gravado na minha pele e no meu coração. Eu te amo até o fim dos meus dias!

*“Não existem pais perfeitos, mas um pai sempre amará
perfeitamente.”*

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto Do Universo, por ter me permitido chegar onde cheguei e alcançar meus objetivos me dando foco e determinação para a realização deles.

À minha mãe, por ter me dado apoio incondicional durante toda a minha vida, em todas as minhas decisões. Por ser uma mãe sempre presente e compreensiva, por ter cuidado de mim o máximo que pôde para eu me tornar a pessoa que sou hoje.

À Rayssa, minha melhor amiga e cúmplice. Por sempre ter estado comigo, ter me amparado quando eu pensei em desistir. Por sempre ter acreditado em mim, no meu potencial e ter me encorajado quando eu pensava não conseguir seguir mais. *Always remember: I keep you wild, you keep me safe!*

Ao meu amigo Thiago, que entrou na minha vida indiretamente e se tornou uma pessoa muito próxima e querida. Também sempre me motivando e sendo todo ouvidos, nas horas boas e ruins.

Rayssa e Thiago, agradeço infinitamente por vocês na minha vida, as provas vivas de que amizade verdadeira nunca foi e nunca será uma questão de presença física. Porque amigo não precisa estar. Amigo precisa ser! Obrigado por tudo, mesmo que longe há cinco anos e pouco menos de 2.000km de distância.

Ao meu orientador Edson, por ter sido um exímio mestre na arte de ensinar e por ter feito eu me aproximar da área de estruturas antes tão temida por mim. Obrigado também por ter me ajudado nesta caminhada até aqui, apesar dos percalços que encontrei pelo caminho.

Aos demais professores, peças importantes e fundamentais na formação do profissional que serei logo em breve.

À UTFPR, onde eu pude realmente ter certeza que eu escolhi o curso certo e não me vejo fazendo outra coisa na vida senão ser engenheiro!

Aos amigos que fiz em Guarapuava. Aos momentos singulares que passei junto com cada um. Levarei vocês sempre comigo!

“Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.”

Aldo Novak

RESUMO

A madeira é um dos materiais usados desde a pré-história pelo homem na construção civil. É um material de fácil acesso e baixo consumo energético. O presente trabalho traz todo o processo de dimensionamento de estruturas de madeira para coberturas, sejam elas residenciais ou não, obedecendo os requisitos da norma NBR 7190 de 1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O objetivo deste trabalho é tornar a construção e confecção de estruturas de coberturas de madeira mais eficaz, tomando como ponto de partida que todo o estudo realizado neste trabalho foi para a criação de ábacos onde se aplicam dimensões mínimas das peças estruturais de madeira para determinado tipo de edificação de acordo com alguns parâmetros tomados como variáveis no processo executivo deste trabalho.

Palavras-chave: Madeira. Estruturas. Coberturas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	10
1.2.1	Objetivo principal.....	10
1.2.2	Objetivos secundários.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	MADEIRA.....	10
2.1.1	CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS.....	11
2.1.2	CONÍFERAS.....	11
2.1.3	DICOTILEDÔNEAS.....	12
2.1.4	MADEIRAS UTILIZADAS.....	12
2.1.5	RESISTÊNCIAS DE CÁLCULO.....	13
2.2	TELHADO.....	14
2.3	TRELIÇAS.....	15
2.3.1	ESTABILIDADE DA ESTRUTURA.....	16
2.3.2	TRELIÇA HOWE.....	17
2.4	TELHAS.....	18
2.4.1	TELHAS UTILIZADAS.....	18
2.5	VENTO NAS ESTRUTURAS.....	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1	ASPECTOS DO DIMENSIONAMENTO DOS GALPÕES.....	26
4	ESTUDO DOS CASOS.....	28
4.1	LIMITAÇÕES DE PROJETO.....	28
4.2	DIMENSIONAMENTO GALPÃO MODELO.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material de construção empregado pelo homem desde épocas pré-históricas. Pfeil (2003) afirma que, até o século XIX as mais importantes obras de engenharia eram construídas com pedra ou madeira, combinando-se frequentemente os dois materiais. Ainda segundo o autor, o uso da madeira para a construção civil apresenta um bom custo benefício e baseia-se em tecnologias de produtos industrializados com perdas mínimas.

“Na construção civil, a madeira é utilizada de diversas formas em usos temporários, como formas para concreto, andaimes e escoramentos. De forma definitiva, é utilizada nas estruturas de cobertura, nas esquadrias (portas e janelas), nos forros e pisos.” (REMADE, 2007).

Segundo Moliterno (2009), a cobertura é uma parte componente do telhado de uma edificação, juntamente com a armação, que é o sistema estrutural que sustenta a cobertura. No caso de a armação do telhado ser executada em madeira, denomina-se madeiramento. Toda a estrutura de um telhado é formada por um conjunto de planos, denominados águas.

Molina (2010) define o telhado como o sistema estrutural composto pelas telhas, que tem o papel de vedar e proteger a estrutura contra as intempéries, e a estrutura que dá sustentação para o telhamento. O autor também comenta que é de suma importância um bom projeto e execução de uma estrutura de cobertura, sem perder sua estabilidade ao longo de sua vida útil, tendo em vista que a ausência do sistema é um fator determinante para o aparecimento de patologias observadas em coberturas de construções.

Neste trabalho, serão discutidas e dimensionadas estruturas de coberturas em duas águas. Serão dispostas estruturas de planta baixa retangular, variando-se sua largura, tal como o ângulo de inclinação do telhado e empregando um tipo específico de madeira, de acordo com sua classe de resistência.

“As classes de resistência das madeiras têm por objetivo o emprego de madeiras com propriedades padronizadas, orientando a escolha do material para elaboração de projetos estruturais.” (ABNT, 1997).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Através de estudos com o auxílio de *softwares*, delimita-se como tema deste trabalho a criação de ábacos para o dimensionamento de elementos estruturais confeccionados em madeira para coberturas compostas por duas águas.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo principal

A partir de análises, tem-se como objetivo neste trabalho, todo o processo de dimensionamento de estruturas de coberturas de grandes vãos e a obtenção de ábacos para as peças que compõem uma treliça do tipo Howe.

1.2.2 Objetivos secundários

- Analisar as estruturas e fazer modelagens em *software* para obter esforços para pré-dimensionamento da carga nas coberturas;
- Analisar os esforços de tração e compressão atuantes nas estruturas;
- Fazer processos iterativos a partir das análises a fim de chegar em dimensões apropriadas para os esforços atuantes nos componentes da estrutura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a realização deste trabalho escolheu-se coberturas compostas por duas águas, com tesouras, terças, caibros e ripas. Utilizou-se a tesoura do tipo Howe que apresenta maior facilidade de execução segundo Bortolli (2016), e por ser a que mais se adequa para ser confeccionada em madeira, tornando assim um estudo aplicável a situações correntes de coberturas de telhados.

2.1 MADEIRA

De acordo com a REMADE (2001), a madeira, como material de construção oferece muitas peculiaridades. Apresenta alta durabilidade natural, é um dos poucos materiais

renováveis empregados na construção civil e tem baixa energia de processamento, como mostra o Quadro 1, comparada a outros materiais empregados no setor. Oferece isolamento térmico mais eficiente que o concreto ou metais. Também é um material de fácil acesso e de fácil execução para se trabalhar, não exigindo aparato muito complexo.

Quadro 1 – Consumo energético para produção de alguns materiais.

CONSUMO ENERGÉTICO PARA PRODUÇÃO	
Material (1 ton)	Consumo energético (kcal)
Aço	3000 x 10 ³
Concreto	780 x 10 ³
Madeira	2,4 x 10 ³

(fonte: adaptado de BILCATI¹, 2015)

2.1.1 CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS

Como o presente trabalho tem como objetivo uma abrangência nacional, não serão feitos cálculos de acordo com as espécies de madeira, uma vez que algumas são regionais, não presente em todo o território do país. Logo, para uma uniformização do sistema de cálculo, serão utilizadas as madeiras de acordo com suas classes de resistência, considerando a umidade padrão de 12%.

“A utilização de classes de resistência elimina a necessidade da identificação botânica da madeira, pois num projeto estrutural desenvolvido de acordo com essa norma bastará a verificação da alocação das propriedades de resistência de um lote de peças de madeira à classe de resistência especificada no projeto.” (REMADE, 2001).

2.1.2 CONÍFERAS

As madeiras do tipo coníferas são chamadas de madeiras *softwoods*, ou seja, madeiras designadas como macias. Elas apresentam uma gama de resistência compreendida entre 20 e 30Mpa, conforme o Quadro 2, onde apresenta a classe de resistência da madeira e suas características de resistência de compressão paralelo as fibras, resistência de cisalhamento e o

¹ Notas de aula, prof^a MSc. Géssica Katalyne Bilcati, 2015.

módulo de elasticidade paralelo às fibras, denominados por f_{c0k} , f_{vk} e $E_{co,m}$, respectivamente. Todos medidos em MPa.

Quadro 2 – Valores de resistências das Coníferas.

CONÍFERAS			
CLASSE	f_{c0k} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{co,m}$ (MPa)
C 20	20	4	3500
C 25	25	5	8500
C 30	30	6	14500

(fonte: adaptado de ABNT, 1997)

2.1.3 DICOTILEDÔNEAS

As madeiras do tipo dicotiledôneas, também conhecidas como *hardwoods*, ou madeiras duras são as mais utilizadas na construção civil no Brasil, de acordo com Souza² (2017). Elas se classificam numa gama de resistência entre 20 e 60MPa. O Quadro 3 mostra seus valores de resistências abaixo, e os índices são os mesmos que apresentados no Quadro 2.

Quadro 3 – Valores de resistências das Dicotiledôneas.

DICOTILEDÔNEAS			
CLASSE	f_{c0k} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{co,m}$ (MPa)
C 20	20	4	9500
C 30	30	5	14500
C 40	40	6	19500
C 60	60	8	24500

(fonte: adaptado de ABNT, 1997)

2.1.4 MADEIRAS UTILIZADAS

Comparando os quadros acima das Coníferas e Dicotiledôneas, tem-se em comum os valores C-20 e C-30, referentes às madeiras com resistências de 20 e 30MPa a compressão paralela as fibras, respectivamente. Como as madeiras dicotiledôneas são mais utilizadas na

² Notas de aula, prof MSc. Edson Florentino De Souza, 2017.

construção civil, para os cálculos deste trabalho, foram utilizados os valores de resistências das madeiras dicotiledôneas de classe C-30.

2.1.5 RESISTÊNCIAS DE CÁLCULO

As madeiras possuem as suas resistências que podem ser dados em valores médios ou valores característicos, mas, por questões de segurança, são feitos alguns ajustes para obter-se valores de cálculo das resistências das madeiras.

As madeiras podem sofrer compressão ou tração, paralela, perpendicular ou inclinada às fibras. Abaixo estão detalhados como se chega aos valores de cálculo das madeiras, que foram utilizados para dimensionamento dos galpões no trabalho em questão.

Os esforços de compressão e tração paralelos às fibras da madeira são denominados por f_{c0} e f_{t0} , respectivamente. Já os esforços normais às fibras de compressão e tração são f_{c90} e f_{t90} . “Madeira não tem resistência à tração normal.” (SOUZA³, 2017).

Normalmente, encontram-se os valores das resistências em valores médios, indicados pelo subíndice m ou em valores característicos, indicados pelo subíndice k. A densidade das madeiras sempre será fornecida em valores médios.

Para encontrar os valores característicos a partir dos valores médios, para compressão e tração, multiplica-se por um fator 0,7. A partir do valor característico, encontramos o valor de cálculo da resistência das madeiras que é dado pela Equação 1.

$$X_d = \frac{K_{mod} X_k}{\gamma_w} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde

X_d é o valor resistente de cálculo;

X_k é o valor característico de resistência;

³ Notas de aula, prof MSc. Edson Florentino De Souza, 2017.

γ_w é coeficiente de minoração das propriedades da madeira. 1,4 para compressão e 1,8 para tração;

K_{mod} é o coeficiente de modificação que depende de três parâmetros.

O coeficiente de modificação K_{mod} depende dos parâmetros K_{mod1} , K_{mod2} e K_{mod3} que são a classe de carregamento e tipo de material empregado, conforme tabela 10 da NBR 7190/1997, a classe de umidade da peça, contida na tabela 11 da NBR 7190/1997 e a categoria da madeira.

Normalmente utiliza-se $K_{mod3}=0,8$, configurado como madeira de segunda categoria, uma vez que para ser considerada madeira de primeira categoria, o material deve passar por ensaios laboratoriais em laboratórios com certificações, o que dificulta um pouco o processo de execução do projeto em questões tanto financeiras e temporais. O coeficiente K_{mod} , calculado a partir da Equação 2 e não depende do tipo de madeira.

$$K_{mod} = K_{mod1}K_{mod2}K_{mod3} \quad (\text{Equação 2})$$

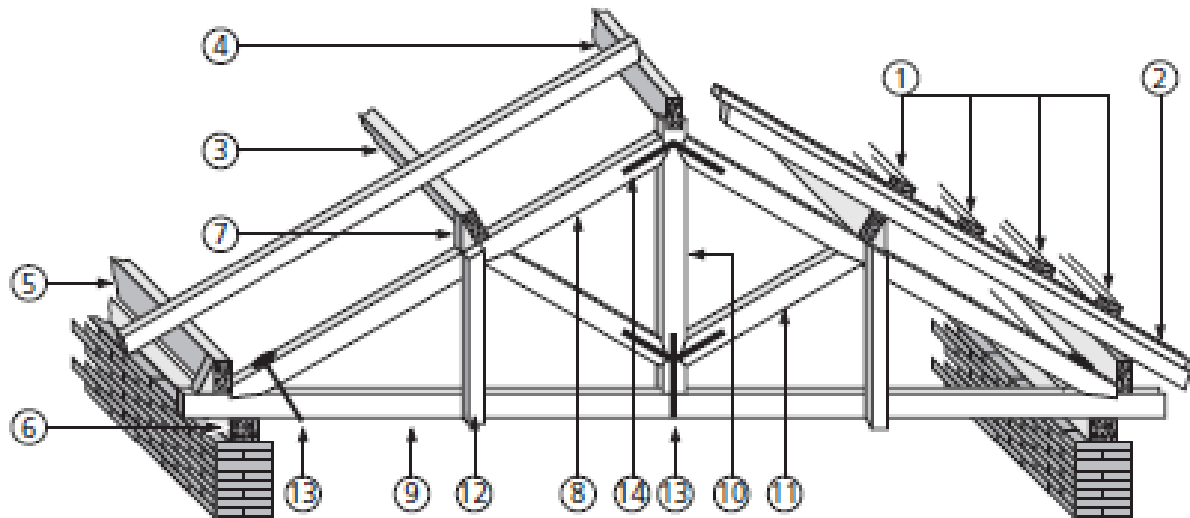
A partir dos valores de cálculo e sabendo as configurações do galpão a ser estudado, parte-se para o dimensionamento da estrutura, com a ajuda dos *softwares* que darão auxílio para a elaboração do trabalho.

2.2 TELHADO

Molina (2010) define o telhado como o sistema estrutural composto pelas telhas, que tem o papel de vedar e proteger a estrutura contra as intempéries, e a estrutura que dá sustentação para o telhamento.

O telhamento, por sua vez, configura na disposição das telhas na cobertura, formando os planos inclinados, denominados águas, sustentados pela estrutura de madeira. Esta estrutura, apresentada na figura 1, de acordo com Moliterno (2009) é o sistema que sustenta a cobertura da edificação e, quando esta estrutura é feita em madeira, chama-se madeiramento.

Figura 1 – Elementos do telhado.



(fonte: MOLITERNO, 2009)

Na figura acima, tem-se as ripas indicadas pelo número 1, os caibros pelo número 2, as terças pelo número 4, os banzos superior e inferior, montantes e diagonais representados pelos números 8, 9, 12 e 11, respectivamente.

2.3 TRELIÇAS

Treliças ou tesouras são estruturas compostas por membros esbeltos, conectados a outros em suas extremidades, normalmente são compostas de madeira ou metal. De acordo com Hibbeler (2011), as treliças simples, ou planas, são comumente utilizadas em telhados e pontes.

Há vários tipos de treliças que podem ser confeccionadas para uso em cobertura. Cada uma delas com peças componentes submetidas a esforços de tração ou compressão, dependendo do modelo utilizado. Para o dimensionamento das peças e montagem dos ábacos deste trabalho, foram utilizadas treliças do tipo Howe que, de acordo com Moliterno (2009), embora não sejam as mais econômicas, são as mais empregadas em construções no Brasil, e, além disto, este tipo de treliça permite uma ligação mais natural entre seus banzos superior e inferior, através de entalhes. As outras barras podem ser ligadas aos banzos por meio de conectores metálicos (pregos ou parafusos).

Para projetar telhados ou pontes, existem algumas hipóteses de cálculo, onde pode-se adotar que todas as peças componentes são articuladas ou não. Como a finalidade do trabalho é que as peças sejam submetidas apenas a esforços de tração e compressão simples, dispensando flexão, admite-se que todos os elementos são rotulados em suas extremidades, que são ditos os nós da estrutura, onde a força pontual atua e transmite os esforços para os componentes da estrutura.

2.3.1 ESTABILIDADE DA ESTRUTURA

De acordo com a ABNT (1997), as peças que na situação de projeto são admitidas como solicitadas apenas à compressão simples, que é a hipótese de cálculo utilizada para dimensionamento das estruturas neste trabalho, devem ser dimensionadas admitindo-se uma excentricidade acidental, calculada de acordo com a Equação 3, do esforço de compressão, em virtude das imperfeições geométricas das peças e das excentricidades inevitáveis dos carregamentos, levando-se ainda em conta os acréscimos destas excentricidades em decorrência dos efeitos de segunda ordem e, nas peças esbeltas, da fluência da madeira.

$$e_a = \frac{L_0}{300} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

e_a é a excentricidade acidental

L_0 é o comprimento teórico de referência

As exigências impostas ao dimensionamento dependem da esbeltez da peça, definida pelo seu índice de esbeltez, obtido através da Equação 4 e, de acordo com este valor, a peça é enquadrada como curta, medianamente esbelta ou esbelta.

$$\lambda = \frac{L_0}{i_{\min}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

λ é o índice de esbeltez da peça

L_0 é o comprimento teórico de referência

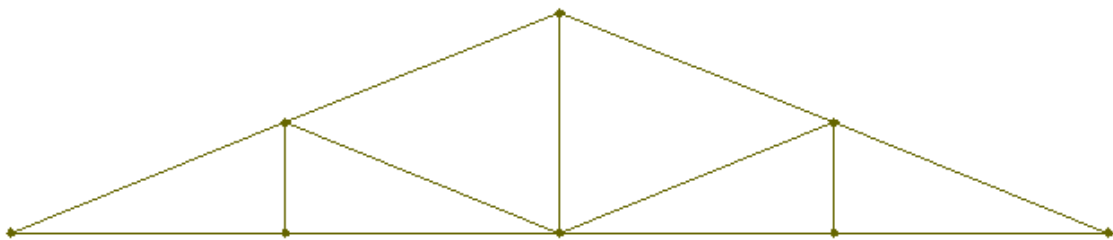
i_{\min} é o raio de giração mínimo da seção transversal

A ABNT (1997) cita que as peças de comprimento efetivo L em que ambas as extremidades sejam indeslocáveis por flexão, que é o caso das peças adotadas para dimensionamento neste trabalho, adota-se $L_0=L$, não se considerando qualquer redução em virtude da eventual continuidade estrutural da peça.

2.3.2 TRELIÇA HOWE

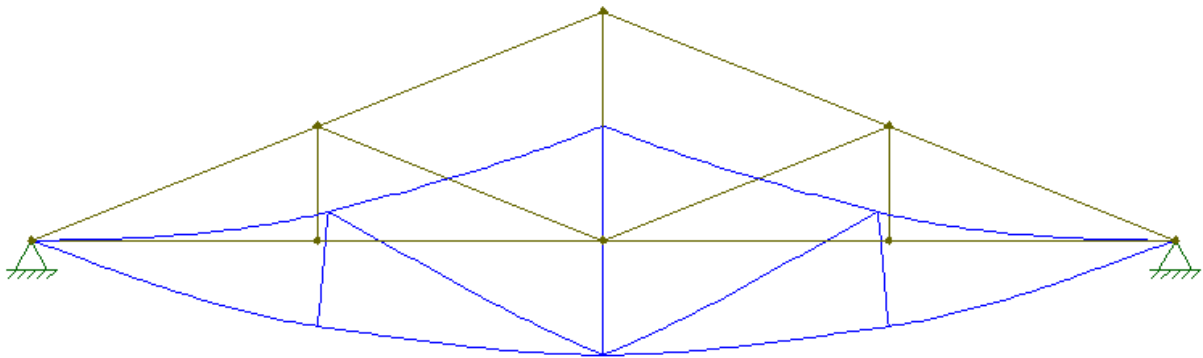
As tesouras do tipo Howe são as mais utilizadas na construção civil no Brasil. Elas são indicadas para vãos até 18m, a partir disto, pode tornar-se inviável. A treliça Howe é composta das barras dos banzos superior e inferior, pelos montantes e pelas diagonais, conforme mostra a figura 2. As diagonais e o banzo superior são comprimidos, conforme aplicado o carregamento na estrutura. Já o banzo inferior e os montantes são tracionados, mostrado pela figura 3.

Figura 2 - Tesoura do tipo Howe.



(fonte: autoria própria, 2018)

Figura 3 – Deformada da tesoura Howe.



(fonte: autoria própria, 2018)

2.4 TELHAS

“A escolha do tipo de telha que será utilizado é, portanto, uma das primeiras etapas na construção de uma cobertura eficiente, uma vez que esta escolha determinará a inclinação das águas do telhado e o desempenho termo acústico da cobertura.” (OLIVEIRA, 2012)

As telhas cerâmicas devem ser fabricadas com argila conformada, por prensagem ou extrusão, e queimadas de forma a permitir que o produto final atenda às condições determinadas pela NBR 15310/2005.

Pode-se observar que existem vários tipos de telhas cerâmicas presentes no mercado. De acordo com o fabricante Top Telha®, em seu catálogo virtual, encontra-se telhas dos tipos Mediterrânea, Colonial e Romana.

2.4.1 TELHAS UTILIZADAS

As telhas do tipo Romana (ou Portuguesa), conforme mostra a figura 4, são telhas mais comuns e bastante utilizadas para coberturas residenciais. Em galpões, geralmente são utilizadas telhas metálicas, devido a seu baixo peso e as grandes dimensões dos galpões, porém, para os cálculos das tesouras, serão consideradas somente as telhas cerâmicas.

Figura 4 – Telha Romana.



(fonte: Top Telha, 2018)

Para o cálculo da carga que as tesouras suportarão e transmitirão aos nós dos elementos, deve-se utilizar a área de projeção do telhado e a massa específica do material das telhas. Normalmente, as especificações das telhas que são utilizadas em qualquer projeto são dadas pelos fabricantes. No Quadro 4 abaixo, há as especificações da telha escolhida.

De acordo com o catálogo online da TOP TELHA®: telhados cerâmicos, as telhas romanas precisam de um telhado com inclinação mínima de 30%, que é a inclinação inicial estudada neste trabalho.

Quadro 4 – Especificações da telha romana..

Comprimento médio	44,5 cm
Largura média	25,3 cm
Altura média	6,8 cm
Telhas por metro quadrado	13,2
Peso médio por telha	2,93 kg
Galga de montagem	37,5 cm
Absorção de água	< 13%

(fonte: adaptado de TOP TELHA®, 2018)

2.5 VENTO NAS ESTRUTURAS

Como a estrutura estará sujeita ao ambiente, é primordial que seja considerada a ação do vento nas estruturas. Segundo a ABNT, o vento é considerado uma carga acidental na estrutura. Há uma série de fatores que se levam em consideração para o cálculo desta força. De acordo com a NBR 6123/1988, a velocidade característica do vento, dada por v_k é calculada a partir de uma multiplicação da velocidade básica do vento v_0 , que pode ser obtida de acordo com a figura 5 e dos fatores S_1 , S_2 e S_3 , que são o fator topográfico, o fator de rugosidade e o fator estatístico, respectivamente. De acordo com a Equação 5, tem-se v_k dada em m/s.

$$v_k = v_0 * S_1 * S_2 * S_3 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

v_k é a velocidade característica do vento

v_0 é a velocidade básica do vento

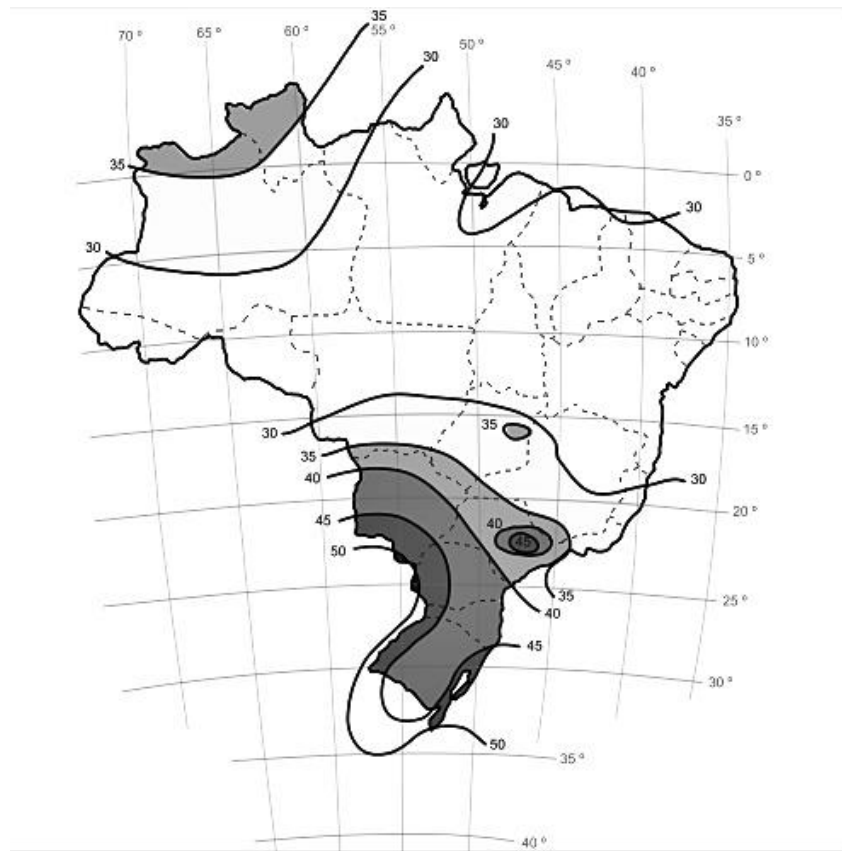
S_1 é o fator topográfico

S_2 é o fator de rugosidade

S_3 é o fator estatístico

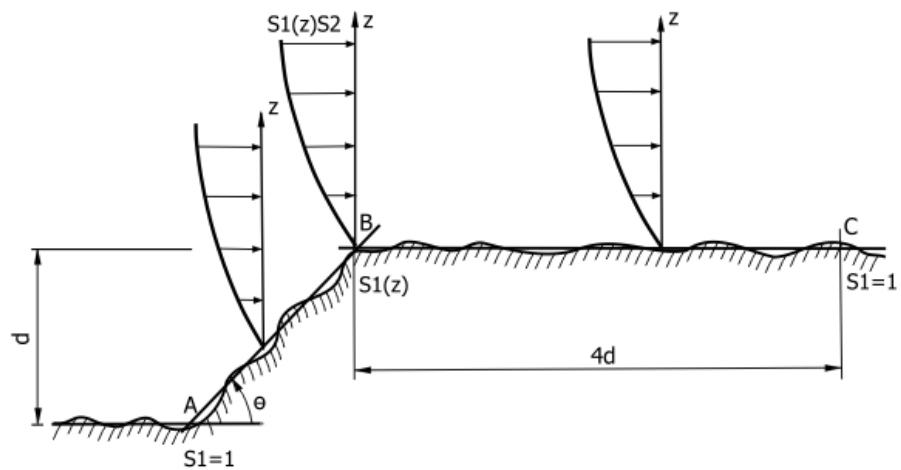
O fator topográfico S_1 depende da configuração do terreno onde será alocada a edificação. Pela NBR 6123, subdivide-se em terrenos planos, onde o fator tem valor 1, terrenos com taludes ou morros, onde o fator S_1 é uma função $S_1(z)$ conforme mostra as figuras 6 e 7, onde z é a altura medida a partir da superfície do terreno no ponto considerado e, terrenos em vales profundos, protegidos de ventos em qualquer direção, onde o fator topográfico tem valor 0,9.

Figura 5 – Isopletas, isto é, curvas de igual velocidade v_0 , em m/s, conforme a NBR-6123.

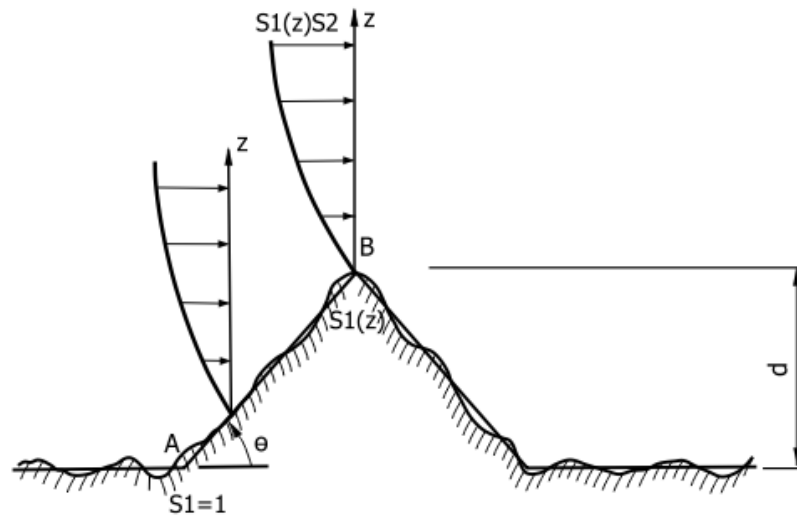


(fonte: adaptado do software CICLONE®, 2018)

Figura 6 – $S_1(z)$ para taludes.



(fonte: software CICLONE®, 2018)

Figura 7 – $S_1(z)$ para morros.(fonte: *software* CICLONE®, 2018)

Para efeitos de cálculo, serão dispensados os terrenos compostos por taludes e morros e, a favor da segurança, para as estruturas calculadas neste trabalho será adotado o fator topográfico $S_1=1,0$, referente aos terrenos planos.

“O fator S_2 leva em consideração o perfil de velocidade do vento na atmosfera conforme a altura da construção e do tipo de terreno.” (MOLITERNO, 2009). O fator S_2 é denominado fator de rugosidade e, para ser calculado, ele divide a rugosidade do terreno em cinco categorias, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 – Categorias de rugosidade do terreno

CATEGORIA	TIPO DE TERRENO
I	Superfícies lisas de grandes dimensões.
II	Terrenos abertos com poucos obstáculos.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros.
IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados.
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.

(fonte: adaptado de MOLITERNO, 2009)

O fator S_2 também leva em consideração da rajada de vento que engloba toda a estrutura e, de acordo com a NBR 6123 e compilado por Moliterno, são classificadas em três classes de edificações, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 – Duração das rajadas de vento na estrutura.

CLASSE	TIPO DE EDIFICAÇÃO
A	Edificações menores que 20m, ou unidades de vedação. (duração da rajada de 3 segundos)
B	Edificações entre 20 e 50m. (duração da rajada de 5 segundos)
C	Edificações maiores que 50m. (rajadas de 10s)

(fonte: adaptado de MOLITERNO, 2009)

O fator estatístico S_3 leva em consideração a segurança e vida útil da edificação. Neste fator, leva-se em consideração a composição da edificação e seu uso. De acordo com a NBR 6123, têm-se as descrições das estruturas, conforme mostra o Quadro 7.

Quadro 7 – Valores mínimos do fator estatístico S_3 .

GRUPO	DESCRIÇÃO	S_3
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 e de forças de segurança, centrais de comunicação etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção.	0,83

(fonte: adaptado de MOLITERNO, 2009)

Será utilizado o para critérios de dimensionamento as edificações do Grupo 2. Com o auxílio do mapa de isopletas e os quadros com os fatores topográfico, de rugosidade e estatístico, obtém-se a velocidade característica no vento atuante na estrutura. Esta velocidade, por sua vez, pode também ser obtida através do *software* CICLONE®, onde ela será dada em função do tipo de cobertura escolhida e das dimensões da edificação.

A partir da velocidade característica, calcula-se a pressão dinâmica exercida pelo vento na estrutura. A pressão q é dada pela Equação 6, em N/m^2

$$q = 0,613 * v_k^2 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

q é a pressão dinâmica atuante na estrutura

v_k é a velocidade característica do vento.

A pressão dinâmica do vento será utilizada como força atuante na estrutura, juntamente com as forças devido ao peso próprio da estrutura e as sobrecargas. Com estas forças, serão feitas as combinações de esforços para obter a situação mais crítica que a estrutura estará sujeita, que será o modelo utilizado para dimensionamento da geometria dos elementos da cobertura.

Como tem-se as forças devido ao peso próprio da estrutura, à sobrecarga acidental e aos ventos de sobrepessão e sucção, tem-se três tipos de combinações normais feitas para adotar o valor mais crítico para dimensionar a estrutura.

De acordo com a ABNT (1997), apenas na combinação de ações de longa duração em que o vento representa a ação variável principal, as solicitações nas peças de madeira devidas à ação do vento serão multiplicadas por 0,75.

Conforme a Equação 7, tem-se o valor da combinação normal de esforços para os estados limites últimos.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} F_{Gi,k} + \gamma_Q [F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k}] \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

F_d é o esforço de cálculo

$F_{Gi,k}$ é o esforço devido ao peso próprio da estrutura

$F_{Q1,k}$ é o esforço devido à ação variável principal

$F_{Qj,k}$ é o esforço devido às outras cargas variáveis

γ_{Gi} é o coeficiente das cargas permanentes

γ_Q é o coeficiente das cargas variáveis, de acordo com a tabela 6 da NBR 7190

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo deste trabalho, foram dimensionadas várias estruturas de configurações diferentes para, com os dados obtidos, criar ábacos para as peças componentes de uma estrutura de cobertura, baseando-se nos critérios que atendem a NBR 7190/1997. A partir da manipulação das variáveis preestabelecidas, busca-se encontrar a geometria ideal para atender as solicitações de um determinado projeto.

Foram consideradas plantas retangulares com treliças de diferentes larguras, o tipo de madeira empregada para a confecção da estrutura, definida por classe de resistência, levando em consideração que o estudo pretende ser válido a nível nacional, podendo-se utilizar madeiras de cada região, para facilitar o acesso ao insumo, e assim apenas comparando-as com a classe de resistência, a inclinação do telhado e os vãos entre treliças.

Com o auxílio dos programas computacionais Ftool®, Microsoft Excel®, Ciclone® e AutoCAD®, foram obtidos os esforços nas estruturas, os desenhos e as dimensões dos elementos, de onde se partirá para o dimensionamento das coberturas em si.

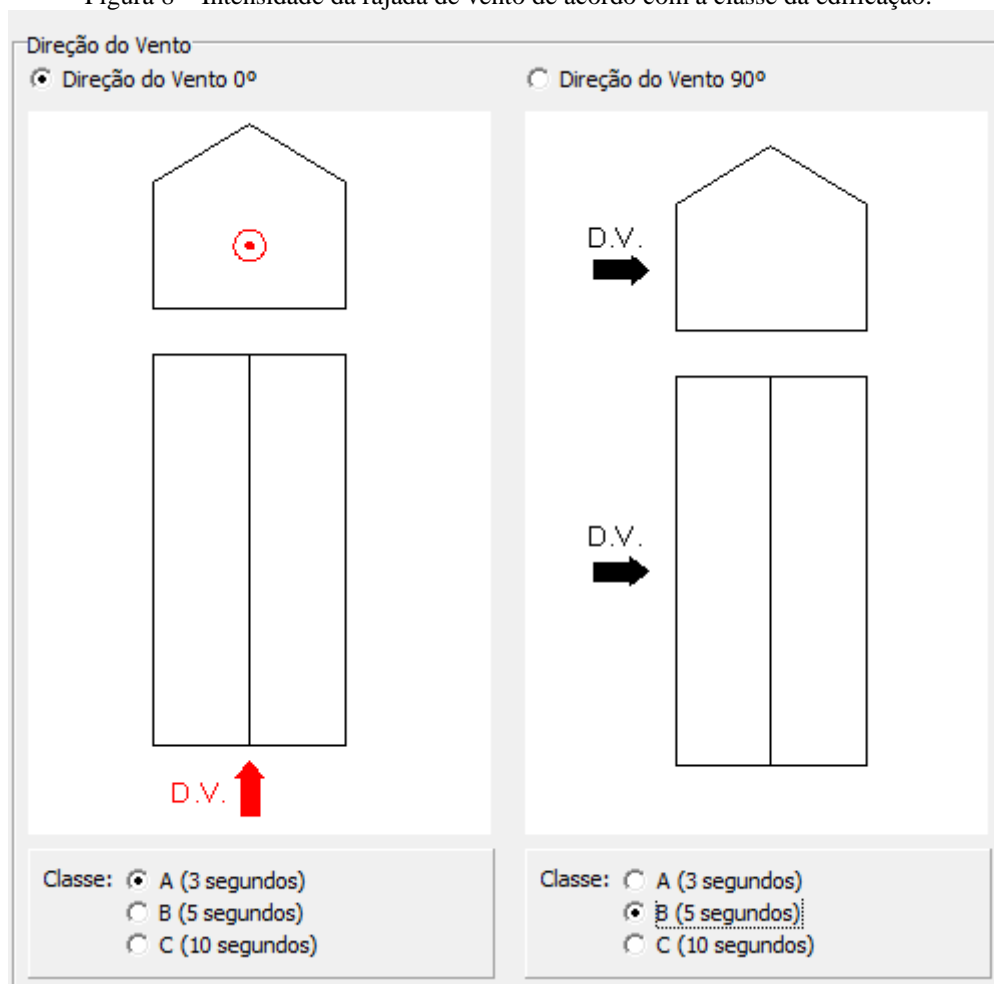
3.1 ASPECTOS DO DIMENSIONAMENTO DOS GALPÕES

Existem diversos tipos de tesoura, cada uma com suas particularidades, atendendo de maneiras diferentes o que lhes são solicitadas. Neste trabalho, serão utilizadas tesouras do tipo Howe. As coberturas serão confeccionadas em duas águas, tendo como pressuposto que o trabalho pretende criar estruturas para galpões, mas que também podem ser aplicadas a uso residencial.

Para o dimensionamento das estruturas, tomaram-se plantas com larguras de 10 a 18m, variando-se a cada 2m. A inclinação do telhado estará compreendida entre 30 e 40%, variando-se a cada 2%. Os vãos entre tesouras estudados serão de 2, 3 e 5m. O comprimento dos galpões estudados está intrínseco ao vão entre treliças, uma vez que as estruturas recebem carregamento devido a sua área de influência, logo, o comprimento não é uma variável primária, mas, deve-se levar em consideração que o presente trabalho pode ser aplicado para galpões de 20 a 50m de comprimento, de acordo com os parâmetros utilizados para cálculo através do *software*

CICLONE®, de acordo com a classe das edificações e como exemplifica o Quadro 6 e mostra a figura 8.

Figura 8 – Intensidade da rajada de vento de acordo com a classe da edificação.



(fonte: *software* CICLONE®, 2018)

A partir da combinação das variáveis, foram geradas as estruturas e, partindo-se das características estruturais, feita a modelagem e a partir dos cálculos, obtidas as dimensões que atendem cada projeto.

4 ESTUDO DOS CASOS

Tendo definido o tipo de madeira utilizada, o tipo de telha, as inclinações do telhado, a largura das treliças e os vãos entre tesouras, tem-se uma gama de estruturas dimensionadas para a construção dos ábacos.

4.1 LIMITAÇÕES DE PROJETO

Para a execução do dimensionamento das estruturas neste trabalho, foram impostas algumas limitações de projeto.

Primeiramente, em relação a características das edificações calculadas, foi adotado que os galpões possuem altura de 4m. Todos os cálculos foram feitos modelando o comprimento do galpão como 30m. Vale lembrar que o comprimento não é primordialmente algo que influencia no dimensionamento em si, tendo em vista que o que importa é o vão entre treliças, pois as forças atuantes na estrutura são de acordo com a área de influência de cada tesoura. Então, tem-se que um galpão de 30m ou um de 45m de comprimento, ambos com treliças espaçadas com o mesmo valor, apresentarão os mesmos esforços nas estruturas singulares. A ressalva dos dimensionamentos deste trabalho é que os resultados obtidos no capítulo 5 podem ser utilizados para galpões compreendidos entre 20 e 50m de comprimento, levando em consideração que se utilizou a classe B de edificação no *software* CICLONE® para o cálculo de vento na estrutura.

Admitiu-se que as edificações apresentavam suas fachadas frontal e traseira totalmente permeáveis ao vento e as fachadas laterais totalmente impermeáveis.

Todos os galpões dimensionados foram, inicialmente, pré dimensionados com peças de seção transversal de 3x7cm. Quando era necessário, por não atender alguma verificação de segurança, esta seção era aumentada. Nas estruturas calculadas foram utilizados quatro tipos de seções transversais preestabelecidas, que são peças de seção 3x7cm, 5x10cm, 6x16cm e 10x20cm.

Para o cálculo em projeção da cobertura, aumenta-se 1m em cada lado (largura e comprimento), devido ao beiral que foi assumido como tendo 50cm.

Foi admitido, também, que todas as peças de ripas, caibros e terças eram verificadas. Logo, neste trabalho, não se verificou estes elementos, apenas foi assumido as dimensões deles para cálculo do peso próprio das estruturas.

As peças de banzos superior e inferior e as diagonais, foram consideradas como peças compostas duplas, afim de apresentar uma inércia maior do que uma peça simples com uma seção transversal de igual dimensão. Também é importante lembrar que todas as peças compostas foram calculadas utilizando 4 espaçadores, afim de diminuir o comprimento livre de flambagem dos elementos.

Foi utilizado para cálculo os valores de resistência referentes à uma madeira do tipo Dicotiledônea de classe C-30, ou seja, resistência de compressão paralela às fibras de 30MPa.

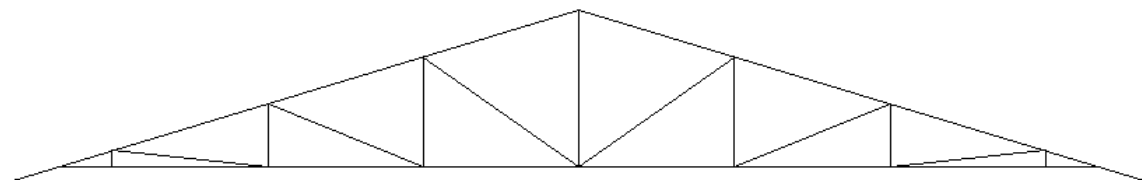
4.2 DIMENSIONAMENTO GALPÃO MODELO

De acordo com todos os processos feitos para todas as estruturas afim de montar os ábacos, será mostrado como foi feito todo o procedimento até chegar na dimensão das peças através de um dos modelos projetados.

Para exemplificar e demonstrar todo este processo, será utilizado o galpão de largura de 10m, inclinação de 30% e vão entre treliças de 2m.

Primeiramente, a estrutura é desenhada no AutoCAD, conforme mostra a figura 9.

Figura 9 – Desenho treliça em AutoCAD.

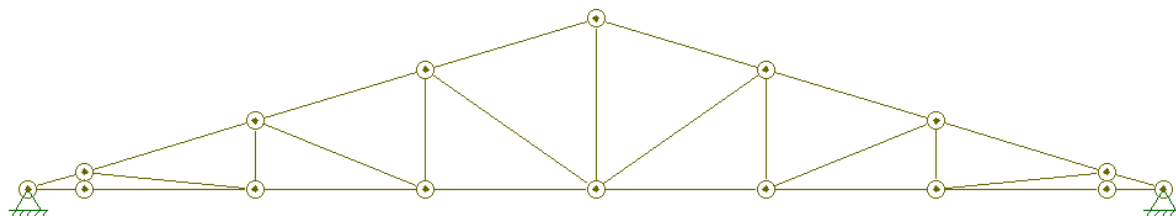


(fonte: autoria própria, 2018)

A partir do desenho da estrutura no AutoCAD, é possível tirar as medidas dos elementos componentes da treliça (banzos, montantes e diagonais). Com estas dimensões e adotando uma seção transversal inicial de 3x7cm, verifica-se o índice de esbeltez das peças que, se for maior que 140, deve-se aumentar a seção transversal da peça. Feita a verificação da esbeltez das peças, tem-se o valor do peso próprio da estrutura para começar o dimensionamento propriamente dito.

Com o auxílio do Ftool, a estrutura é modelada no *software*, como mostra a figura 10, para poder aplicar os carregamentos.

Figura 10 – Desenho treliça no *software* Ftool.



(fonte: autoria própria, 2018)

Com a estrutura desenhada em AutoCAD e modelada no Ftool, precisa-se fazer o levantamento da carga de vento que atua na estrutura, para assim poder lançar os carregamentos e obter o valor dos esforços em cada peça. O cálculo de vento é feito através do *software* CICLONE®, mostrado na figura 11, onde é inserido os parâmetros da edificação e o *software* calcula a carga de vento de acordo com a configuração requerida, mostrado nas figuras 12 e 13.

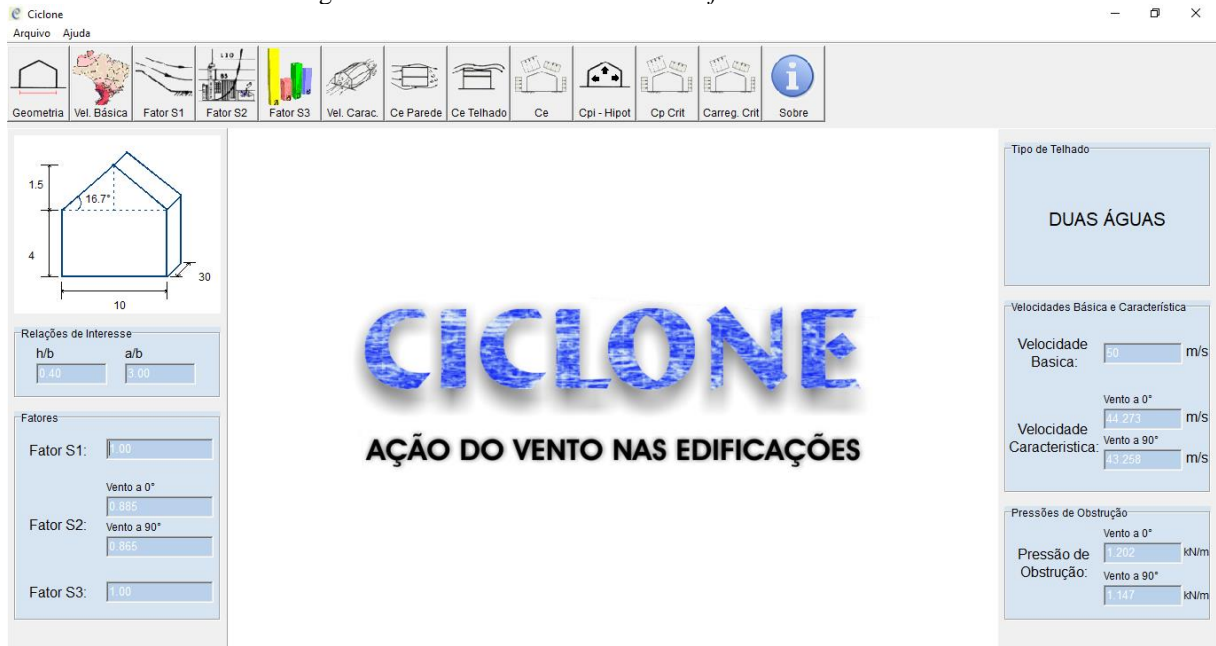
Figura 11 – Interface de trabalho do *software* CICLONE®.(fonte: *software* CICLONE®, 2018)

Figura 12 – Carregamento de vento a 0°.

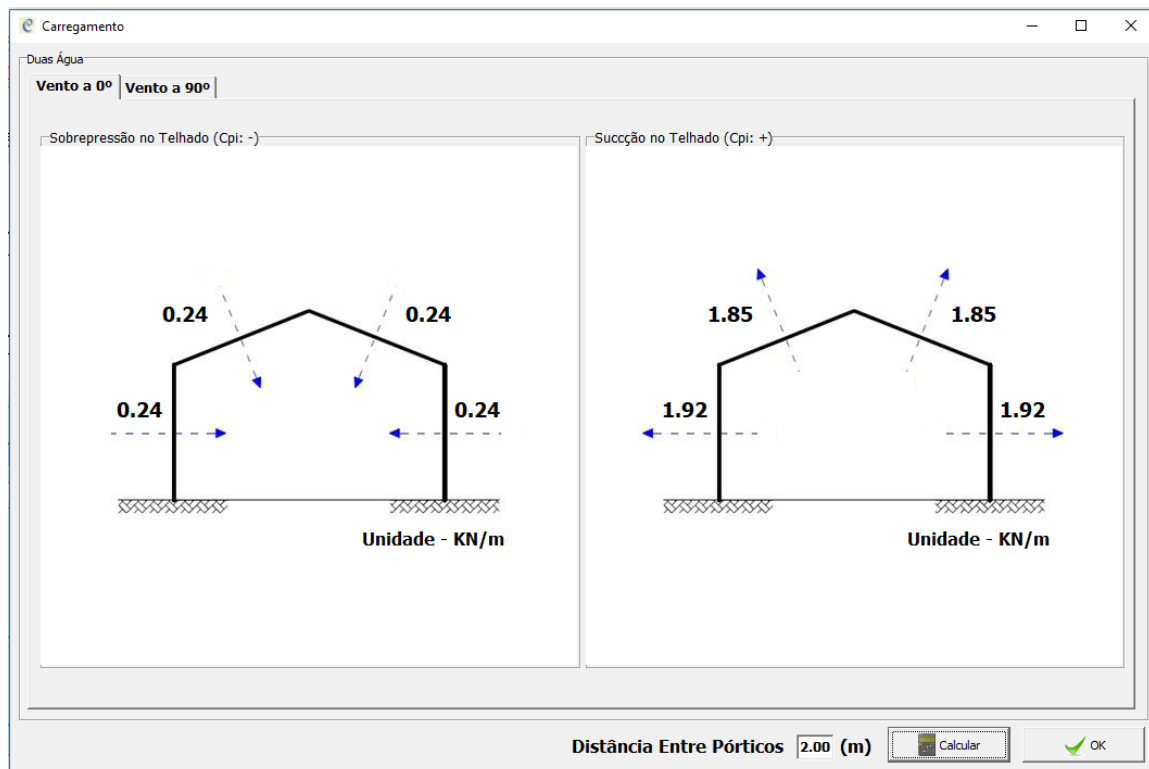
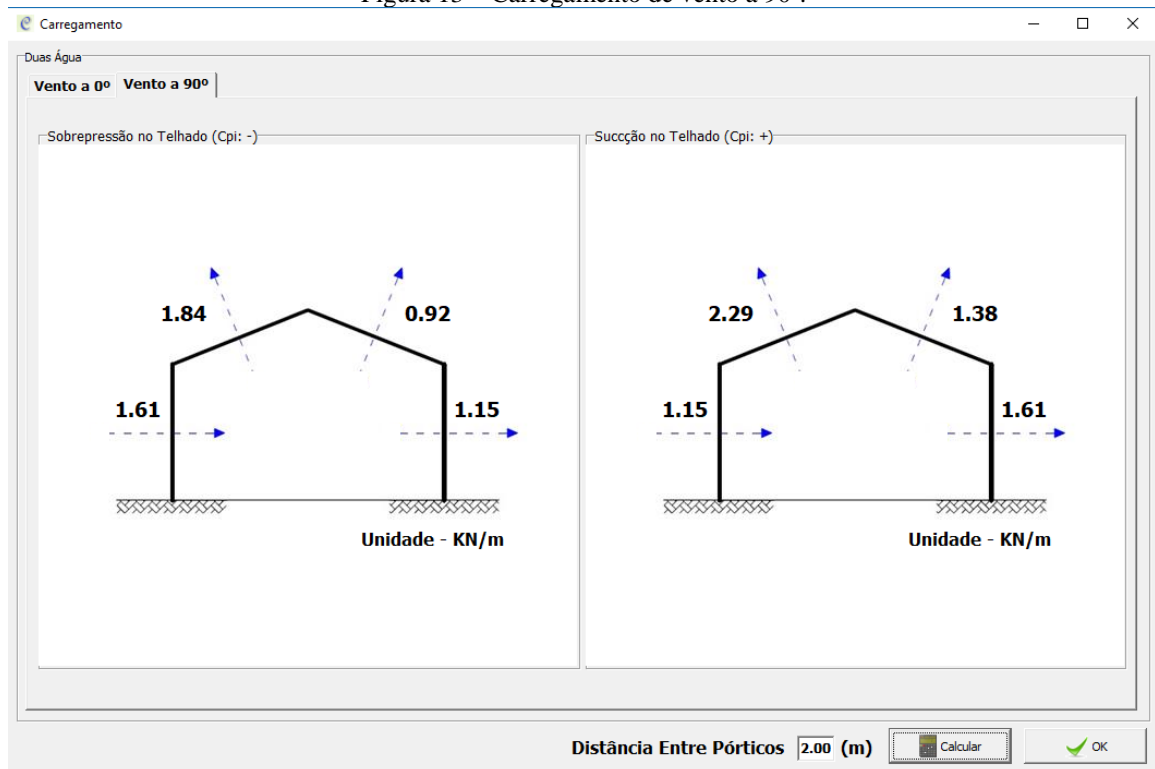
(fonte: *software* CICLONE®, 2018)

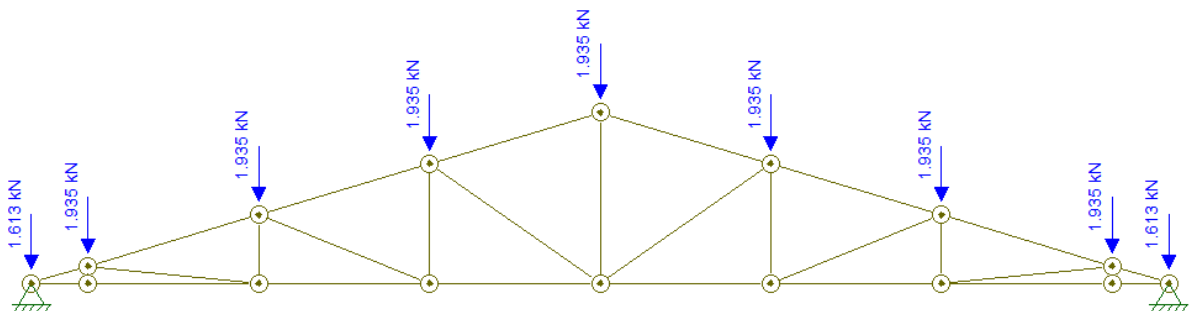
Figura 13 – Carregamento de vento a 90°.



(fonte: *software* CICLONE®, 2018)

Com os valores obtidos pelo *software*, utiliza-se o maior valor de sobrepessão e o maior valor de sucção. A partir dos valores dos carregamentos de vento, carregamento acidental e peso próprio da estrutura, é feito o lançamento das cargas na estrutura no Ftool, como mostra a figura 14.

Figura 14 – Lançamento das cargas de peso próprio na estrutura.

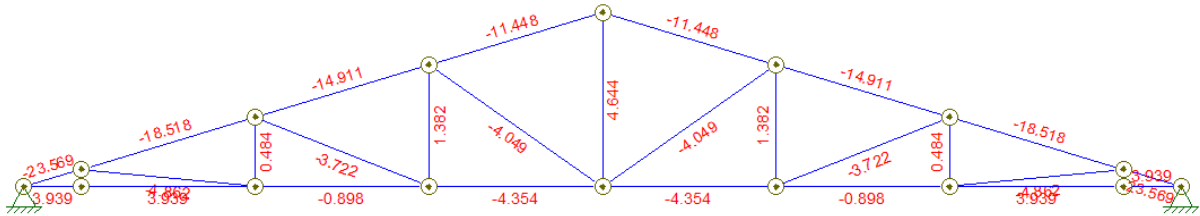


(fonte: *software* Ftool, 2018)

Os demais carregamentos (acidental, e ventos de sobrepessão e sucção são lançados de forma analoga ao peso próprio da estrutura, mas levando em conta que são cargas que atuam perpendiculares à estrutura, logo, devem ser decompostas em suas componentes vertical e horizontal.

A partir do lançamento das cargas, é obtido o valor dos esforços de tração e compressão nos elementos da estrutura, conforme ilustra a figura 15.

Figura 15 – Esforços em kN nos elementos da estrutura devido ao peso próprio.



(fonte: *software Ftool*, 2018)

Tendo os quatro esforços atuantes em cada elemento da treliça, são feitas as combinações normais através da Equação 7 para obter o valor utilizado para o cálculo e verificação da segurança e estabilidade da estrutura. Com o valor de cálculo e o índice de esbeltez λ obtido pela Equação 4, tem-se a classificação da peça e a verificação de segurança que necessita ser feita para concluir se a estrutura é estável ou não.

As peças cujo índice de esbeltez é menor que 40 são ditas peças curtas, a verificação de segurança nestas peças é feita de acordo com a Equação 8.

$$\frac{N_d}{A} \leq f_{c0,d} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

N_d é o esforço normal de cálculo em valor absoluto

A é a área da seção transversal do elemento

$f_{c0,d}$ é o valor de cálculo da resistência do material à compressão paralela às fibras.

As peças cujos índice de esbeltez está compreendido entre 40 e 80 são peças medianamente esbeltas e a verificação de segurança destas peças é feita conforme a Equação 9 descrita abaixo.

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{co,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{co,d}} \leq 1 \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

σ_{Nd} é o valor de cálculo da tensão de compressão devida à força normal de compressão

σ_{Md} é o valor de cálculo da tensão de compressão devida ao momento fletor M_d

Para as peças esbeltas, $\lambda > 80$ verifica-se também de acordo com a Equação 9, porém para o cálculo do momento, modifica-se alguns parâmetros, que são exemplificados no item 7.5.5 da NBR 7190/1997.

Sendo atendidas todas as verificações de acordo com o tipo de esbeltez da peça, assegura-se que os elementos com aquela seção transversal garantem a estabilidade da estrutura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das modelagens das estruturas de coberturas, foi possível identificar as seções transversais dos elementos componentes das treliças distintas e assim foram montados os ábacos das peças estruturais de banzo, montantes e diagonais.

Vale lembrar que durante a modelagem das estruturas, percebeu-se que os galpões com treliças de 18m não apresentaram carregamento de vento de sobrepressão, apenas sucção. Todas as outras estruturas apresentaram ambos os tipos de ventos, embora os de sobrepressão sempre foram bem menores comparados com os valores do vento de sucção.

Observou-se também que as peças de montante, cujas eram as únicas simples, foram as que precisavam sempre de uma seção transversal um pouco maior, dado que corriqueiramente apresentavam índices de esbeltez acima do permitido pela norma em situação de projeto.

A partir das observações e análises, foram construídos os ábacos das peças, que são apresentados abaixo. A finalidade destes ábacos é acelerar ou até poupar todo o processo de dimensionamento de uma estrutura de madeira. É importante salientar que neste trabalho não foram dimensionados os entalhes que ligam os banzos superior e inferior nem as ligações das peças. Diante disto, tem-se abaixo nos ábacos 1, 2 e 3 as dimensões mínimas que são verificadas de acordo com a NBR7190/1997 para construção de projetos de estruturas de madeira.

Ábaco 1 – Dimensões das peças de banzo superior e inferior.

BANZOS				
LARGURA (m)	INCLINAÇÃO (%)	VÃO ENTRE TRELIÇAS (m)		
		2	3	5
10	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	3x7	5x10
	34	3x7	5x10	5x10
	36	3x7	5x10	5x10
	38	3x7	3x7	5x10
	40	3x7	3x7	5x10
12	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	3x7	5x10
	34	3x7	5x10	5x10
	36	3x7	5x10	5x10
	38	3x7	5x10	5x10
	40	3x7	5x10	5x10
14	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	5x10	5x10
	34	3x7	5x10	5x10
	36	5x10	5x10	5x10
	38	5x10	5x10	5x10
	40	3x7	5x10	5x10
16	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	5x10	5x10
	34	5x10	5x10	6x16
	36	5x10	5x10	6x16
	38	5x10	6x16	6x16
	40	5x10	6x16	6x16
18	30	3x7	3x7	3x7
	32	5x10	5x10	5x10
	34	5x10	5x10	5x10
	36	5x10	5x10	5x10
	38	5x10	5x10	5x10
	40	5x10	5x10	5x10

(fonte: autoria própria, 2018)

Ábaco 2 – Dimensões das peças de montante.

MONTANTES				
LARGURA (m)	INCLINAÇÃO (%)	VÃO ENTRE TRELIÇAS (m)		
		2	3	5
10	30	5x10	5x10	5x10
	32	5x10	5x10	5x10
	34	5x10	5x10	5x10
	36	5x10	5x10	5x10
	38	5x10	5x10	6x16
	40	5x10	5x10	6x16
12	30	5x10	5x10	5x10
	32	5x10	5x10	6x16
	34	6x16	6x16	6x16
	36	6x16	6x16	6x16
	38	6x16	6x16	6x16
	40	6x16	6x16	6x16
14	30	6x16	6x16	6x16
	32	6x16	6x16	6x16
	34	6x16	6x16	6x16
	36	10x20	10x20	10x20
	38	10x20	10x20	10x20
	40	10x20	10x20	10x20
16	30	6x16	6x16	6x16
	32	10x20	10x20	10x20
	34	10x20	10x20	10x20
	36	10x20	10x20	10x20
	38	10x20	10x20	10x20
	40	10x20	10x20	10x20
18	30	10x20	10x20	10x20
	32	10x20	10x20	10x20
	34	10x20	10x20	10x20
	36	10x20	10x20	10x20
	38	10x20	10x20	10x20
	40	10x20	10x20	10x20

(fonte: autoria própria, 2018)

Ábaco 3 – Dimensões das peças de diagonal.

DIAGONAIS				
LARGURA (m)	INCLINAÇÃO (%)	VÃO ENTRE TRELIÇAS (m)		
		2	3	5
10	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	3x7	3x7
	34	3x7	3x7	3x7
	36	3x7	3x7	3x7
	38	3x7	3x7	3x7
	40	3x7	3x7	3x7
12	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	3x7	3x7
	34	3x7	3x7	3x7
	36	3x7	3x7	3x7
	38	3x7	3x7	3x7
	40	3x7	3x7	3x7
14	30	3x7	3x7	3x7
	32	3x7	3x7	3x7
	34	3x7	3x7	3x7
	36	3x7	3x7	3x7
	38	3x7	3x7	5x10
	40	3x7	3x7	5x10
16	30	3x7	5x10	3x7
	32	3x7	5x10	5x10
	34	3x7	5x10	5x10
	36	5x10	5x10	5x10
	38	5x10	5x10	5x10
	40	5x10	5x10	5x10
18	30	3x7	3x7	3x7
	32	5x10	5x10	5x10
	34	5x10	5x10	5x10
	36	5x10	5x10	5x10
	38	5x10	5x10	5x10
	40	5x10	5x10	5x10

(fonte: autoria própria, 2018)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A madeira é um material natural, abundante e muito versátil no que se diz respeito em seu uso na construção civil. Seu uso mais frequente é na confecção de estruturas para telhados, sejam eles residenciais ou industriais, e pontes. Também é perceptível que, de acordo com os parâmetros da ABNT, uma estrutura tem que oferecer segurança ao usuário, estabilidade e durabilidade.

O intuito deste trabalho foi de facilitar e acelerar o processo de criação destas estruturas, seguindo as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas e preestabelecendo alguns parâmetros de dimensionamento. A partir de todos estes requisitos, foi possível concluir este trabalho chegando ao objetivo principal que era criar os ábacos dos elementos estruturais componentes de uma treliça, que podem ser de grande importância no auxílio para projetar estruturas de coberturas.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

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

BORTOLI, Camila Aline de. **ESTUDO COMPARATIVO DE TESOURAS EM MADEIRA PARA COBERTURAS VARIANDO-SE O VÃO E O TIPO DE TELHA**. 2016. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7859>>. Acesso em: 28 maio 2018.

CALIL JUNIOR, Carlito; MOLINA, Julio Cesar (Ed.). **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo: Pini, 2010.

HIBBELER, Russell C. **Estática: mecânica para engenharia**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

ROSSI, Fabrício. **Telhas Cerâmicas: Tipos e Características, Passo a Passo!** Disponível em: <<https://pedreiro.com.br/telhas-ceramicas-tipos-e-caracteristicas-passo-a-passo/>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

OLIVEIRA, Gabriel Ruiz de. **Método para análise de desempenho no critério funcionalidade e acessibilidade dos sistemas em madeira para coberturas de edificações segundo a NBR 15.575/2008**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/751>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele. **Estruturas de Madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2003.

REMADE. **ESTUDO APONTA USO SUSTENTÁVEL DA MADEIRA PARA CASAS**. Curitiba: Lettech Editora e Gráfica Ltda, jan. 2007. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1015&subject=>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

REMADE. **MADEIRA DE EUCALIPTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Curitiba: Lettech Editora e Gráfica Ltda, set. 2001. Disponível em:
<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=7&subject=Constru%E7%E3o%20Civil&title=Madeira%20de%20Eucalipto%20na%20Constru%E7%E3o%20Civil>. Acesso em: 05 jun. 2018.

REMADE. **QUALIDADE DA MADEIRA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**. Curitiba: Lettech Editora e Gráfica Ltda, nov. 2001. Disponível em: <
http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=57&subject=Constru%E7%E3o&title=Qualidade%20da%20Madeira%20para%20a%20Constru%E7%E3o%20Civil>. Acesso em: 16 nov. 2018.

TOPTELHA®: telhados cerâmicos. **TELHA ROMANA**. Disponível em:
<<http://www.toptelha.com.br/v2/telha-romana/>>. Acesso em: 03 jun. 2018.