

**FACULDADE DE EXTREMA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE TÉCNICA DA ESTRUTURA DE COBERTA DO BLOCO 2 DA  
FACULDADE DE EXTREMA**

**JORDANA DE FARIA LARA CARDOSO**

**EXTREMA  
2018**

**JORDANA DE FARIA LARA CARDOSO**

**ANÁLISE TÉCNICA DA ESTRUTURA DE COBERTA DO BLOCO 2 DA  
FACULDADE DE EXTREMA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade de  
Extrema, como requisito parcial para obtenção  
do grau de bacharel em Engenharia Civil.  
Orientador: Afonso Henrique Vilela.**

**EXTREMA**

**2018**




**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**FAEX – FACULDADE DE EXTREMA**

Em sessão às 18h do dia 08 de Novembro de 2018 a aluna Jordana de Faria Lara Cardoso apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado “**Análise técnica da estrutura de cobertura do Bloco 2 da Faculdade de Extrema**” como requisito para conclusão do Curso de Engenharia Civil, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

  
\_\_\_\_\_  
Jordana de Faria Lara Cardoso (Aluna)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Afonso Henrique Vilela (orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Ma. Pâmella Duarte dos Santos

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Ma. Renata Martinho de Camargo

Aprovado (  )  
Aprovado com restrições (  )  
Reprovado (  )

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por todos os dons e bênçãos, e pela sua grandiosa misericórdia e amor.

Agradeço ao meu pai, Márcio, e minha mãe, Ana Célia, por todos os sacrifícios, incentivos e aprendizados por eles feitos ao longo de todos esses anos; e ao meu irmão Miguel, por ser meu parceiro.

Agradeço ao meu professor/orientador pelo auxílio no desenvolvimento de cada etapa deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de trabalho da ENGETER, pelo auxílio, ajuda e assistência em toda a etapa final da conclusão deste curso e, em especial, a Titi pela paciência, carinho e companheirismo.

## RESUMO

Por muito tempo as obras de engenharia civil contaram somente com o conhecimento empírico e a experiência de seus executores para serem desenvolvidas, não tendo a disposição ferramentas, como os softwares atuais, que auxiliassem no dimensionamento ou que pudessem prever parâmetros estipulados por normas. As estruturas eram determinadas com valores arbitrados e tinham como modelo dimensionamentos anteriores que haviam sido bem-sucedidos. Com o passar dos séculos, ferramentas e métodos foram desenvolvidos, gerando um melhor desempenho e possibilitando a construção de estruturas com maior segurança e custo-benefício. Porém, ainda hoje, muitas estruturas ainda são dimensionadas pela experiência, este é o caso do objeto de estudo deste trabalho, no qual será analisada a estrutura metálica de cobertura do Bloco 2 da Faculdade de Extrema, que foi dimensionada sem projeto preliminar, sendo possível que a mesma esteja subdimensionada. Para comprovar essa hipótese a estrutura será submetida a uma análise através do software Cypecad, que tem como referência, principalmente, os valores estabelecidos na NBR 8800/2008 – Projeto de estrutura de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Através dos resultados obtidos poderemos indicar as prováveis falhas de dimensionamento da estrutura de cobertura e ou execução e apresentar algumas soluções.

**Palavras-Chaves:** Estrutura de Coberta; Estrutura Metálica; Dimensionamento; Análise.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem de satélite da cidade de Extrema.....	8
Figura 2: Imagem de satélite da Faculdade de Extrema.....	9
Figura 3: Planta de cobertura do Bloco 2 da Faculdade de Extrema.....	9
Figura 4: Imagem do sistema de cobertura do pátio do Bloco 2.....	10
Figura 5: Desenho esquemático da fixação das vigas treliçadas.....	11
Figura 6: Imagem do posicionamento das treliças triangulares em relação aos pontos de fixação.....	12
Figura 7: Imagem do posicionamento das terças em relação aos nós das treliças...	12
Figura 8: Desenho das peças em duas dimensões.....	13
Figura 9: Modelo em três dimensões.....	14
Figura 10: Nomenclatura das peças que compõem a viga.....	17
Figura 11: Nomenclatura das peças que compõem a treliça triangular.....	18
Figura 12: Mapa de Isopletas.....	20
Figura 13: Demonstração do comportamento do Coeficiente Interno conforme item.2.5 – c NBR 6123/88.....	21
Figura 14: Demonstração do comportamento do Coeficiente Externo conforme tabela 5 - NBR 6123/88.....	22
Figura 15: Captura de tela da descrição dos perfis das peças no CypeCad.....	23
Figura 16: Captura de tela da descrição de cargas no CypeCad.....	23
Figura 17: Captura de tela da estrutura pronta no CypeCad.....	24
Figura 18: Captura de tela das terças, diagonais e montantes das treliças triangulares inadequadas no CypeCad.....	25
Figura 19: Captura da tela da estrutura correta no CypeCad.....	26

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	6
1.1.	OBJETIVOS GERAIS.....	7
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.3	JUSTIFICATIVA.....	7
<b>2</b>	<b>LOCALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO</b> .....	8
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	10
3.1.	ANÁLISE PRÉVIA DA ESTRUTURA.....	10
3.1.1.	Análise visual do Sistema de Cobertura.....	10
3.1.2.	Recolhimento de dados.....	13
3.1.3.	Representação Gráfica.....	13
3.2.	ANÁLISE DO MODELO.....	14
3.2.1.	Definições dos parâmetros no Software.....	15
3.2.1.1.	Normas Técnicas.....	15
3.2.1.2.	Descrição das peças.....	16
3.2.1.3.	Descrição das cargas.....	19
3.2.1.4.	Cálculo de ação do vento.....	19
3.2.2.	Determinação de resultados e processo de checagem.....	22
<b>4</b>	<b>DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS</b> .....	26
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	28
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	29

## 1- INTRODUÇÃO

Através de discussões em sala de aula, foi salientado pelo professor de estruturas metálicas a hipótese de que a estrutura de cobertura do pátio do Bloco 2 da Faculdade de Extrema possuía falhas perceptíveis quanto a sua geometria, gerando uma indagação quanto ao seu dimensionamento.

Após uma breve pesquisa, foi constatado que o sistema de cobertura havia sido executado sem qualquer tipo de estudo ou projeto preliminar que identificasse os esforços solicitantes, concluindo assim que a mesma havia sido determinada pelo serralheiro, que utilizou de seu conhecimento prático para realizá-la.

Para a correta determinação de uma estrutura metálica, deve ser levada em consideração a NBR 8800/2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, a NBR 14762-2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio, que estabelece os procedimentos de dimensionamento e verificações que os elementos estruturais devem obedecer, para garantir a resistência, a estabilidade e a utilização da mesma. Deve ser levada em consideração também a atuação do vento, que varia conforme região e topografia, expressa na NBR 6123/1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

Tendo em vista essas informações, percebeu-se a indispensabilidade da realização de uma análise que pudesse verificar se a estrutura de cobertura do pátio do Bloco 2 está corretamente projetada e executada.

Para o desenvolvimento deste trabalho estipulamos como roteiro a seguinte sequência: recolhimento de dados *in loco*, representação gráfica das peças em duas dimensões utilizando a plataforma de desenho AutoCad, posterior representação do desenho em três dimensões, exportação do conjunto para o software de dimensionamento estrutural, análise dos resultados e, por fim a indicação de possíveis soluções.



## 1.1 - OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem por finalidade, investigar a situação em que se encontra a estrutura de cobertura do pátio do Bloco 2 da Faculdade de Extrema, objeto de estudo, atualmente e confirmar a hipótese de que a mesma esteja inadequada e que necessite de adequações para seu correto desempenho.

## 1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar previamente a estrutura;
- Identificar possíveis patologias estruturais;
- Dimensionar e analisar tecnicamente a estrutura;
- Apontar o correto dimensionamento das peças;
- Propor soluções paliativas para o problema.

## 1.3 - JUSTIFICATIVA

Levando em consideração a hipótese de que a estrutura esteja indevidamente dimensionada e ou executada, podemos supor um pequeno risco de colapso do sistema, colapso que geraria danos morais, físicos e financeiros a instituição e aos usuários da edificação. Portanto, os resultados obtidos neste estudo servirão de orientação para futuras correções.

## 2 – LOCALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A estrutura de cobertura metálica localiza-se sobre o pátio do Bloco 2 da Faculdade de Extrema - FAEX, no município de Extrema, no sul do estado brasileiro de Minas Gerais. Mais precisamente na Latitude:  $-22^{\circ}51'03''$  e Longitude:  $46^{\circ}18'20''$ , com elevação de 944 m acima do nível do mar. A área de estudo está apresentada nas imagens abaixo.



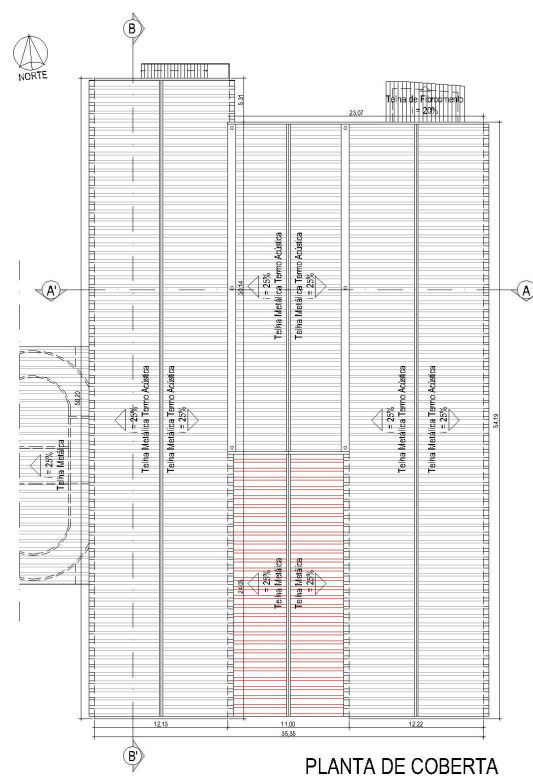
**Figura 1** - Imagem de satélite da cidade de Extrema.

Fonte: Google Earth (2018) – Imagem coletada 20/10/2018.



**Figura 2** – Imagem de satélite da Faculdade de Extrema.

Fonte: Google Earth (2018) – Imagem coletada 20/10/2018.



**Figura 3** – Planta de cobertura do Bloco 2 da Faculdade de Extrema.

Fonte: Arquivo de projetos ENGETER Planejamentos (2012).

### 3 – METODOLOGIA

Este capítulo descreve as etapas que permitiram uma compreensão mais aprofundada do objeto de estudo, viabilizando a criação de um modelo virtual que pode submetido a análises de adequação.

#### 3.1 – ANÁLISE PRÉVIA DA ESTRUTURA

##### 3.1.1 – Análise visual do Sistema de Cobertura

O primeiro passo a ser realizado foi uma análise visual do conjunto estrutural da edificação, com foco na parte do pátio no qual se localiza o nosso objeto de estudo.

O sistema é composto por duas vigas retangulares treliçadas metálicas laterais, fixadas aos pilares de concreto, que recebem no total sete treliças metálicas triangulares. Nestas treliças estão apoiadas seis terças e um conjunto de telhas também metálicas. Segue imagem do local:

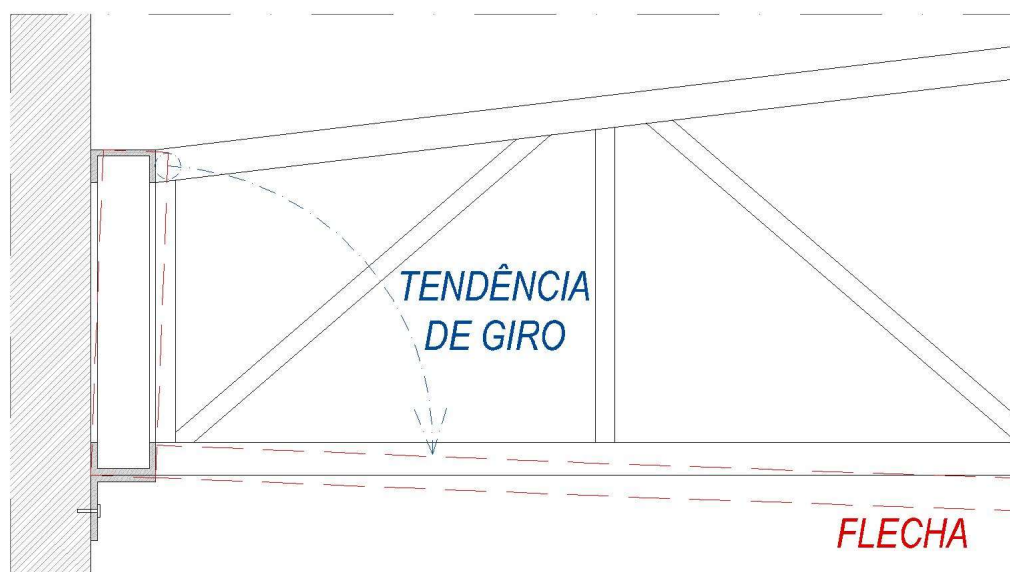


**Figura 4** – Imagem do Sistema de cobertura do pátio do Bloco 2.

Fonte: Foto capturada pelo autor – 30/08/2018.

Alguns detalhes relevantes, no que diz respeito a execução e a estabilidade do sistema, foram notados:

- 1) Modo de fixação das vigas metálicas aos pilares de concreto armado: A fixação é feita através de chapas metálicas em “L”, soldadas na parte inferior das vigas e aparafusadas na parte superior dos pilares. Não existindo nenhum tipo de fixação da viga na parte superior. Sem que haja uma fixação na parte superior da viga, a peça tende a sofrer giro, interferindo diretamente no comportamento das treliças triangulares, gerando flechas centrais perceptíveis;
- 2) Flechas centrais nas treliças: foi observado que as treliças metálicas sofreram uma espécie de “embarrigamento” na sua porção central;



**Figura 5** – Desenho esquemático da fixação das vigas treliçadas.

Fonte: Desenho desenvolvido pelo autor – 10/09/2018.

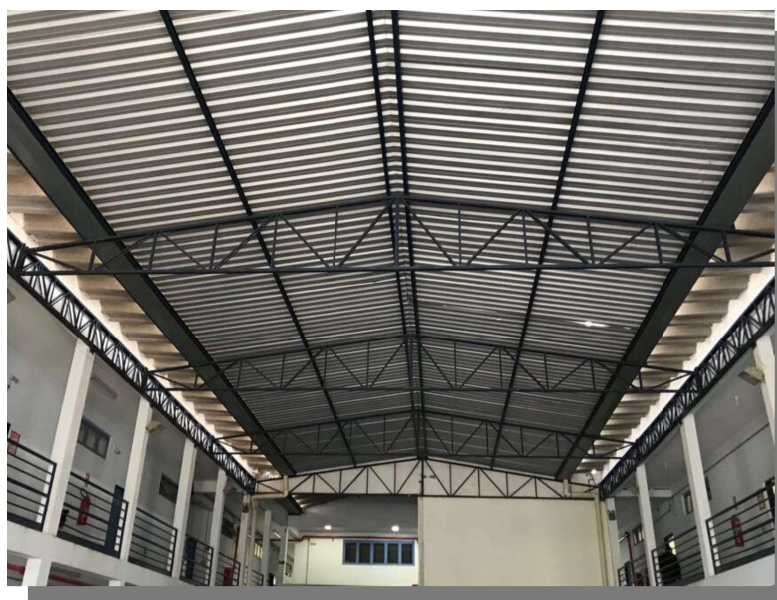
- 3) As treliças triangulares estão deslocadas em relação aos pontos de fixação dos apoios das vigas, portanto, dos pilares;



**Figura 6** – Imagem do posicionamento das treliças triangulares em relação aos pontos de fixação.

Fonte: Foto capturada pelo autor – 04/09/2018.

- 4) As terças estão deslocadas em relação aos nós das treliças.



**Figura 7** – Imagem do posicionamento das terças em relação aos nós das treliças.

Fonte: Foto capturada pelo autor – 30/08/2018.

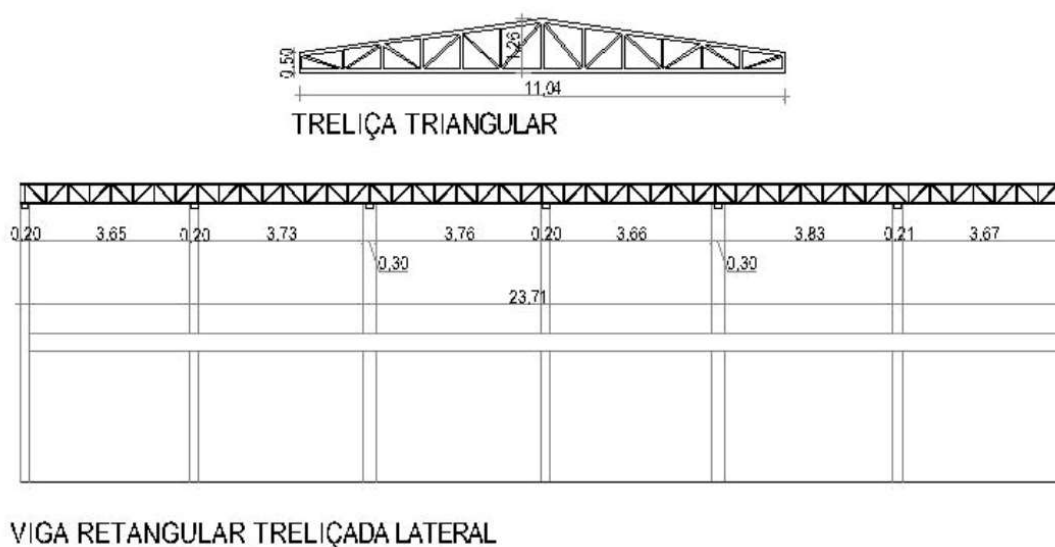
### 3.1.2 – Recolhimento de dados:

Após a análise visual do caso, foi o momento de realizar o levantamento de dados pertinentes ao desenvolvimento do modelo gráfico da estrutura.

Extraímos todas os comprimentos, larguras e alturas relevantes para o processo de modulação da estrutura no AutoCad.

### 3.1.3 – Representação Gráfica:

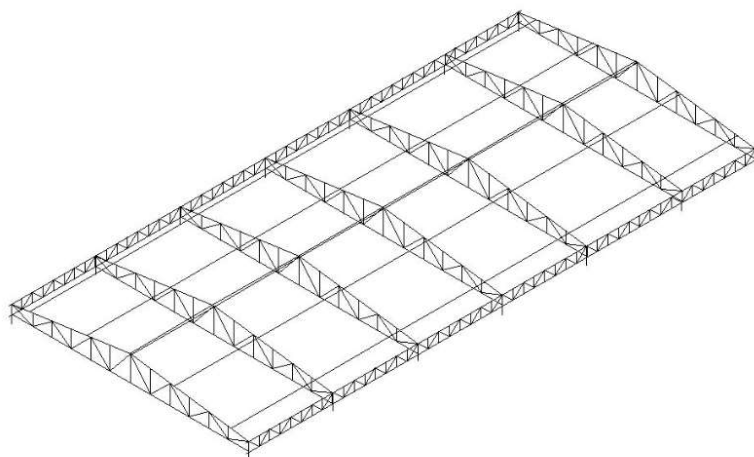
Com os dados em mãos, foi possível executar a modulação das peças em duas dimensões das vigas e treliças.



**Figura 8** – Desenho das peças em duas dimensões.

Fonte: Desenho desenvolvido pelo autor – 10/09/2018.

Posteriormente a modulação em duas dimensões do desenho, construiu-se um modelo em três dimensões, o mais próximo possível do real, necessário para que o projeto fosse analisado pelo software de estruturas CypeCad.



**Figura 9** – Modelo em três dimensões.

Fonte: Desenho desenvolvido pelo orientador – 20/09/2018.

### 3.2 – ANÁLISE DO MODELO:

Para que ocorresse a verificação do modelo em 3 dimensões, correspondente a situação existente, foi efetivada a exportação do gráfico do AutoCad para o software de estruturas Cypecad. A plataforma de dimensionamento avalia a adequação das peças da estrutura conforme parâmetros pré-estabelecidos pelo próprio software, mas selecionado pelo usuário do programa em função das necessidades do sistema em questão.



### 3.2.1 – Definição dos parâmetros no software

#### 3.2.1.1 – Normas Técnicas

Antecedendo a qualquer dimensionamento, é necessário eleger condições que norteiem o processo. No caso do software CypeCad, utilizamos como base a NBR 8800/2008 a qual:

Com base no método dos estados-limites, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações nas quais: a) os perfis de aço sejam laminados ou soldados, ou de seção tubular com ou sem costura; b) as ligações sejam executadas com parafusos ou soldas. Os perfis de seção tubular podem ter forma circular ou retangular (onde a forma quadrada é considerada um caso particular da forma retangular). As estruturas mistas de aço e concreto previstas por esta Norma, são aquelas formadas por componentes de aço e de concreto (armado ou não) trabalhando em conjunto. Os perfis de aço devem ser fabricados obedecendo as Normas brasileiras aplicáveis, ou (na ausência) às Normas ASTM aplicáveis. Os princípios gerais estabelecidos nesta Norma aplicam-se a estruturas de edifícios destinados à habitação, uso comercial, industrial e edifícios públicos. Aplicam-se também às estruturas de passarelas de pedestres e a suportes de equipamentos. (Objetivo da norma NBR 8800-08/2008. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27466/nbr8800-projeto-de-estruturas-de-aco-e-de-estruturas-mistas-de-aco-e-concreto-de-edificios>> Acesso em 21 de outubro de 2018, 11:55).

Tomamos como embasamento também a NBR 14762/2010 – Dimensionamento de estrutura de aço com perfis formados a frio, norma que tem como objetivo:

Com base no método dos estados-limites, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no dimensionamento, a temperatura ambiente, de perfis estruturais de aço formados a frio, constituídos por chapas ou tiras de aço-carbono ou aço de baixa liga, conectados por parafusos ou soldas e destinados a estruturas de edifícios. Também pode ser empregada para o dimensionamento de outras estruturas, além de edifícios, desde que sejam consideradas as particularidades de cada tipo de estrutura, como, por exemplo, os efeitos de ações dinâmicas. O autor do projeto deve identificar todos os estados-limites aplicáveis, mesmo que alguns não sejam citados nesta Norma, projetando a estrutura de modo que esses estados-limites não sejam violados. Para situações ou soluções construtivas não cobertas por esta Norma, o autor do projeto deve usar um procedimento acompanhado de estudos para manter o nível de segurança previsto por esta. Para situações ou soluções construtivas cobertas de maneira simplificada, o autor do projeto

pode usar um procedimento mais preciso com os requisitos mencionados. (Objetivo da norma NBR 14762-07/2010. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27266/nbr14762-dimensionamento-de-estruturas-de-aco-constituídas-por-perfis-formados-a-frio>> Acesso em 21 de outubro de 2018, 12:30).

Outra norma, bastante relevante, utilizada foi a NBR 6123/1988 – Forças devido ao vento em edificações, que tem por finalidade:

Fixar as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo. A NBR 6123/88 apresenta três modelos para o cálculo da ação do vento nas estruturas, por ela denominados de: Forças Estáticas Devidas ao Vento, Modelo Dinâmico Simplificado e Modelo Dinâmico Discreto. (Ação do vento para efeito de cálculo de edificações. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/artigo285839-1.aspx>> Acesso em 21 de outubro de 2018, 13:10).

### 3.2.1.2 – Descrição das peças

Apesar do conjunto já ter sido desenhado no AutoCad com larguras e alturas reais, a especificação de perfis só ocorreu quando o modelo foi inserido no ambiente do CypeCad.

a) Componentes das vigas treliçadas metálicas laterais:

- Banzo superior / inferior: Perfil “U” 75x40x2.25;

Comprimento = 23,71 m;

Altura = 40 mm;

Largura = 75 mm;

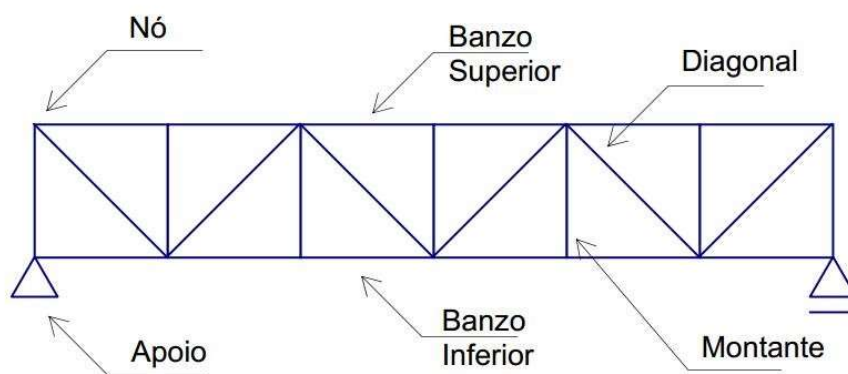
Espessura = 2,25 mm;

- Treliçamento interno (diagonais e montantes).

O treliçamento interno das vigas é composto de duas barras de cantoneiras laminadas a quente, espaçadas de 72 mm, com as seguintes características:

- Abas de 25 mm;

- Espessura das abas 3,04 mm (1/8”);



**Figura 10** – Nomenclatura das peças que compõem a viga.

Fonte: <https://estagioconstrucaonavalipufrij.wordpress.com/2012/08/18/meu-parecer-sobre-as-atividades-do-estagio/> – Coletada em 20/10/2018.

b) Componentes das treliças metálicas triangulares:

a) Componentes das vigas treliçadas metálicas laterais:

- Banzo superior / inferior: Perfil “U” 75x40x2.25;

Comprimento = 11,04 m banzo inferior e 2x5,55m banzo superior;

Altura = 40 mm;

Largura = 75 mm;

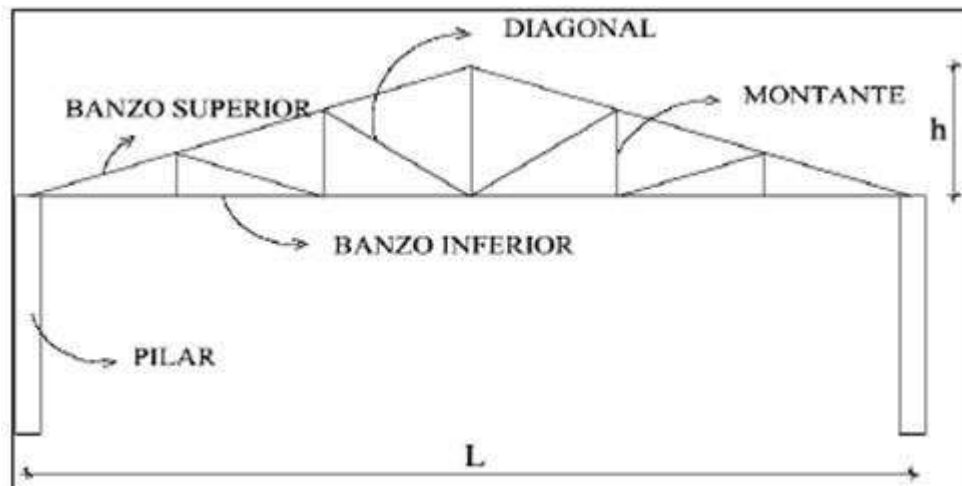
Espessura = 2,25 mm;

- Treliçamento interno (diagonais e montantes).

O treliçamento interno das vigas é composto de duas barras de cantoneiras laminadas a quente, espaçadas de 72 mm, com as seguintes características:

- Abas de 25 mm;

- Espessura das abas 3,04 mm (1/8”);



**Figura 11** – Nomenclatura das peças que compõem a treliça.

Fonte: <http://ritengenharia.blogspot.com/2015/11/trelizas-classificacao.html> – Coletada em 20/10/2018.

c) Terças metálicas:

- Perfil “U” 75x40x2.25;
- Comprimento = 23,71;
- Altura = 40 mm;
- Largura = 75 mm;
- Espessura = 2,25 mm.

Definimos todos os nós internos do conjunto como rígidos e os nós externos como apoiados.

### 3.2.1.3 – Descrição das cargas

Todas as estruturas são submetidas a pelo menos dois tipos de cargas, cargas permanentes e cargas acidentais e ou sobrecarga. Por definição da NBR 6123/1988 cargas permanentes são constituídas pelo peso próprio da estrutura e pelo peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes, e cargas acidentais são todas aquelas que podem atuar sobre a estrutura das

edificações em função do seu uso (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos etc.).

Para a determinação das cargas relevantes ao estudo utilizamos como base os valores estimados pela NBR 8800/2008.

Definimos a carga permanente com valor igual a  $0,20\text{KN/m}^2$ , correspondendo ao peso das terças, telhas, vigas e treliças e adotamos a sobrecarga definida pela norma de  $0,25\text{KN/m}^2$ .

Somado a estas cargas também foi necessário verificar a atuação do vento na edificação. Para determinação da incidência do vento na nossa estrutura, levamos em consideração o roteiro expresso da NBR6123/1988.

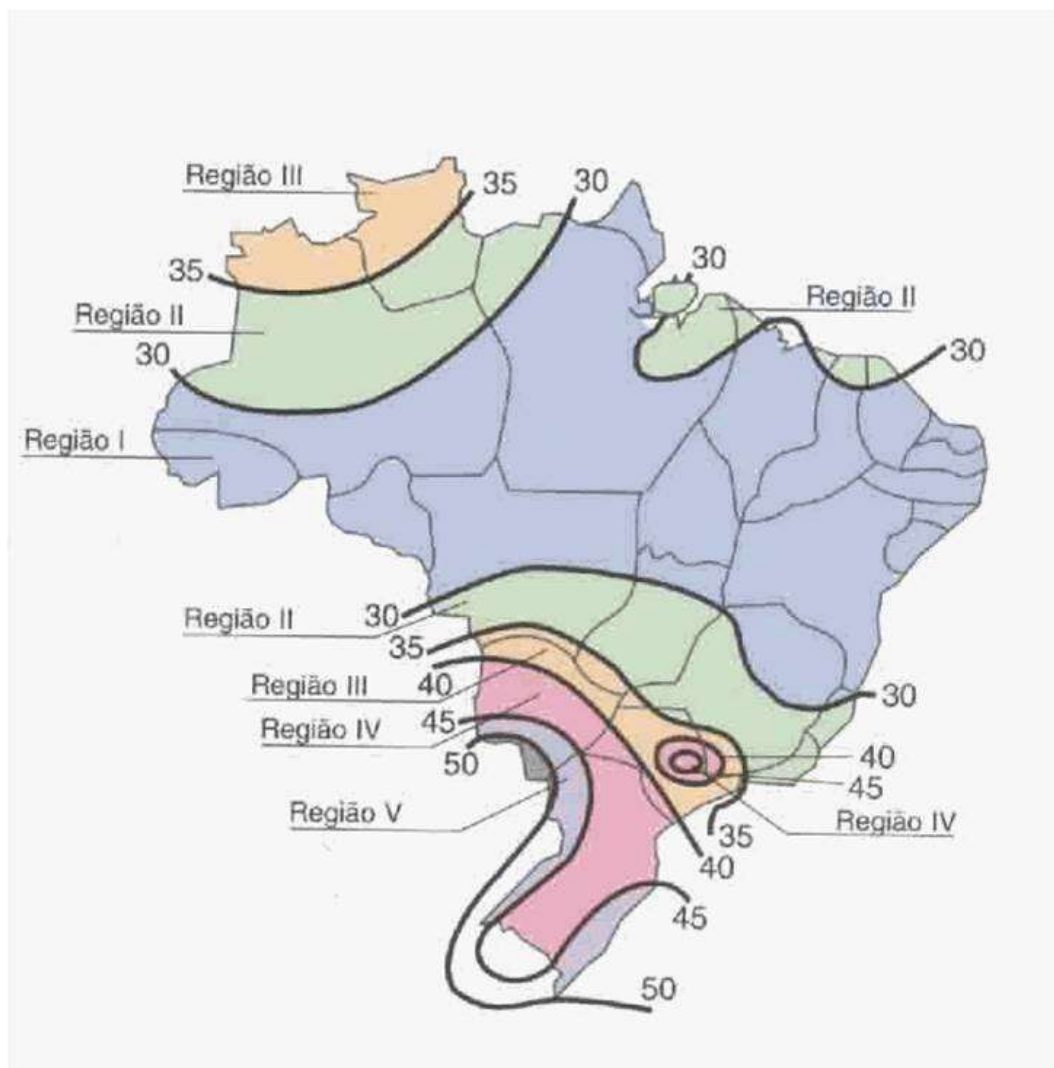
#### 3.2.1.4 – Cálculo da ação do vento

Segundo o artigo publicado pela revista Técnica:

As forças estáticas devidas ao vento são determinadas tomando-se como base a velocidade básica do vento,  $V_0$ , que está relacionada ao local onde a estrutura será construída. Por definição é a velocidade de uma rajada de 3 s, excedida em média uma vez em 50 anos, acima de 10 m do terreno, em campo aberto e plano. A norma brasileira traz as isopletras da velocidade básica no Brasil. Como regra geral, admite-se que o vento básico possa soprar de qualquer direção horizontal. Uma vez definida, a velocidade básica é multiplicada pelos fatores de ponderação  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  para ser obtida a velocidade característica do vento  $V_k$ , para a parte da edificação em consideração. A velocidade característica do vento permite, então, determinar a pressão dinâmica e a componente da força global na direção do vento. (Ação do vento para efeito de cálculo de edificações. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/artigo285839-1.aspx>> Acesso em 21 de outubro de 2018,

15:03).

Para a definição de  $V_0$  (m/s) utilizamos o mapa de isopletras da velocidade básica, mostrado abaixo:



**Figura 12** – Mapa de Isopletas.

Fonte: <http://edificandoonline.blogspot.com/2010/12/acao-do-vento-em-edificacoes-parte-1.html> – Coletada em 20/10/2018.

Adotamos o valor de  $V_0 = 45\text{m/s}$ , pois o nosso objeto de estudo encontra-se na região IV do mapa.

Em seguida estipulamos os valores de  $S_1$  (fator topográfico), valor definido pelas variações do relevo do terreno. Para o nosso caso, a norma estabelece o valor de  $S_1 = 1,0$  referente a taludes e morros.

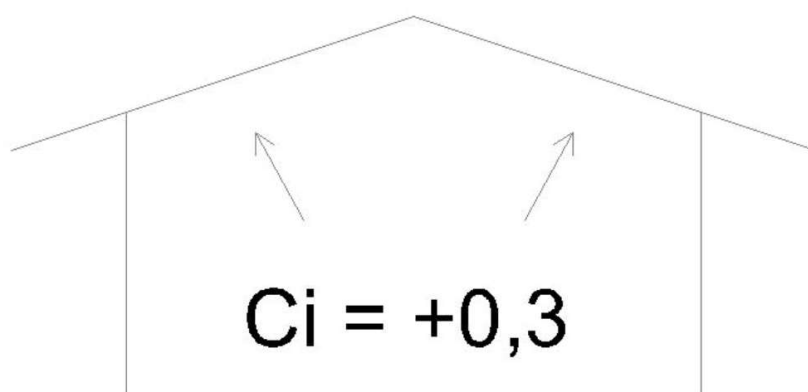
Para a definição de  $S_2$  (rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno), a norma estabelece para cidades pequenas e seus arredores

Categoria IV, e para edificações que possuem sua maior dimensão vertical ou horizontal da superfície frontal, que esteja entre 20 m e 50 m, como Classe B, com os parâmetros  $p = 0,125$ ,  $b = 0,85$ ,  $z = 420$  e  $Fr = 0,98$ . O valor de  $S2$  pode ser adquirido através da equação  $S2 = b \cdot FR \left( \frac{z}{10} \right)^p$  que tem como resultado 1,32 ou através da (Tabela 2 – Fator  $S2$ ) que nos fornece o valor 1,35. Adotamos o maior valor, portanto, 1,35.

Definimos  $S3$  (fator estático) como Grupo 1, correspondente a edificações cuja a ruína possa afetar a segurança e ou a possibilidade de socorro a pessoas, após uma tempestade destrutiva, correspondente a um valor de 1,10.

Com a aquisição de todos os coeficientes, pudemos calcular o valor de  $V_k$  (velocidade característica do vento), definido pela equação  $VK = V_0 \times S1 \times S2 \times S3$  (m/s). O valor encontrado foi 66,9 m/s.

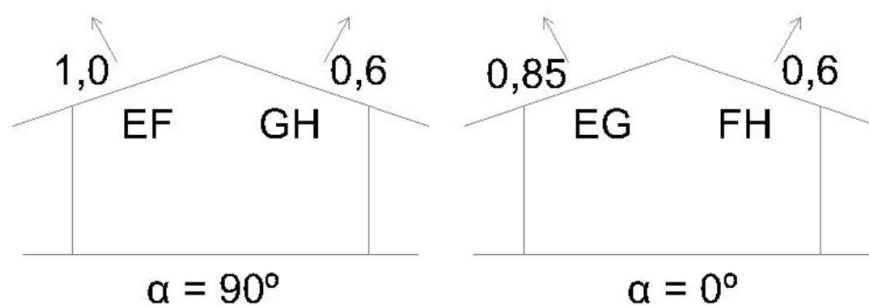
Para estimarmos a força atuante do vento ainda definimos o valor de  $q$  (pressão de obstrução) através da equação  $q = 0,0613V_k^2$ , que nos forneceu o valor = 274,35 N/m<sup>2</sup>. Precisávamos ainda dos coeficientes de pressão internos e externos. O coeficiente interno se dá pela proporção entre a área de todas as aberturas na face de barlavento e a área total das aberturas em todas as faces (paredes e cobertura), submetidas a sucções externas. Nossa relação encontrada foi de 1,5, sendo portanto  $C_i = +0,3$ .



**Figura 13** – Demonstração do comportamento do Coeficiente Interno conforme item 6.2.5-c NBR 6123/88.

Fonte: Desenho desenvolvido pelo orientador – 26/10/2018.

Já o coeficiente de pressão externa se encontra na Tabela 5 – Coeficiente de pressão e de forma, externos, para telhados com duas águas, simétricos, em edificações de planta retangular, que no nosso caso possuem uma relação de  $\frac{1}{2} < h/b < \frac{3}{2}$  e valor do ângulo  $\theta = 7^\circ$ , nos dando valores de  $EF = -1,00$ ,  $GH = -0,6$ ,  $EG = -0,85$  e  $FH = -0,6$ .



**Figura 14** – Demonstração do comportamento do Coeficiente Externo conforme tabela 5 - NBR 6123/88.

Fonte: Desenho desenvolvido pelo orientador – 26/10/2018.

Por fim, substituímos as incógnitas na equação  $F = q(C_i - C_e)$  obtendo valores para a atuação do vento na direção  $V_{x+} = 0,36 \text{ KN/m}^2$ ,  $V_{x-} = 0,25 \text{ KN/m}^2$ ,  $V_{y+} = 0,32 \text{ KN/m}^2$  e para  $V_{y-} = 0,25 \text{ KN/m}^2$ .

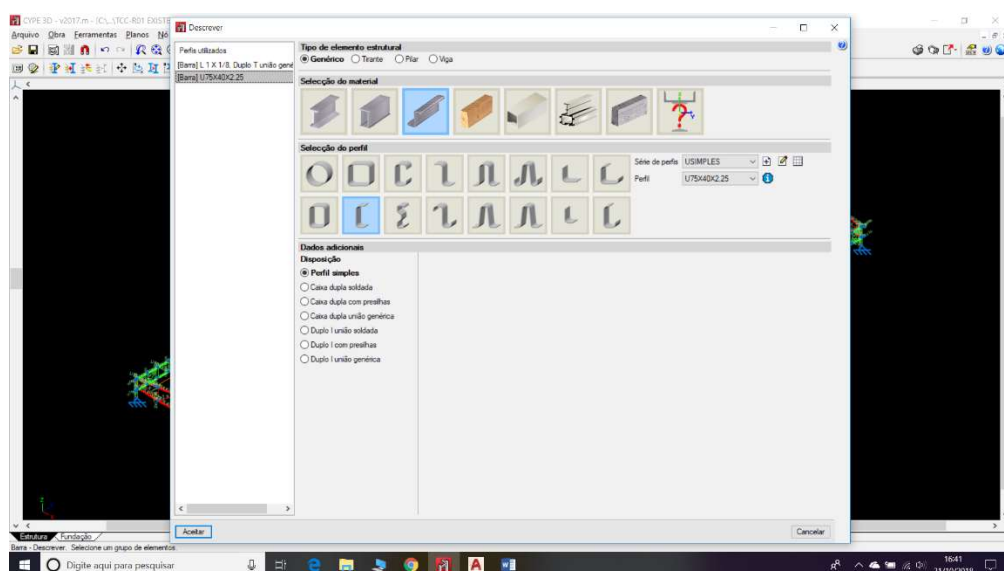
Os valores de incidência nas direções y e x foram inseridos, no Cypecad, no pano de cargas sobre a estrutura, acompanhados dos valores da carga permanente e da sobrecarga.

Foi calculada uma carga para cada direção de x e y do vento e o CypeCad leva em consideração a pior hipótese de combinação dos ventos.

### 3.2.2 – Determinação de resultados e processo de checagem

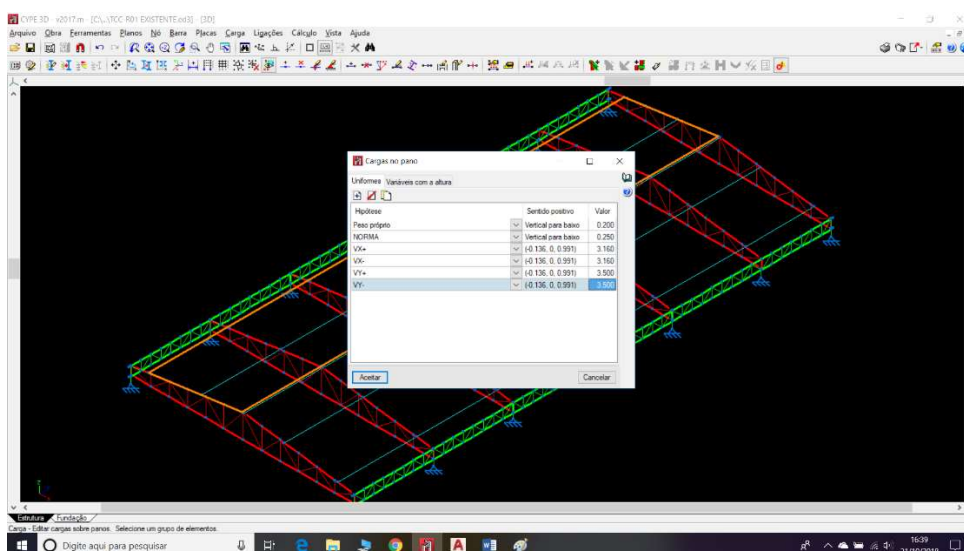


Para a determinação dos resultados do dimensionamento, foi necessário inserir todos os perfis, e cargas sobre a estrutura. As peças foram discriminadas por agrupamentos de elementos e as cargas foram lançadas sobre panos de cargas que atuam incidindo na estrutura, cada água representando um pano.



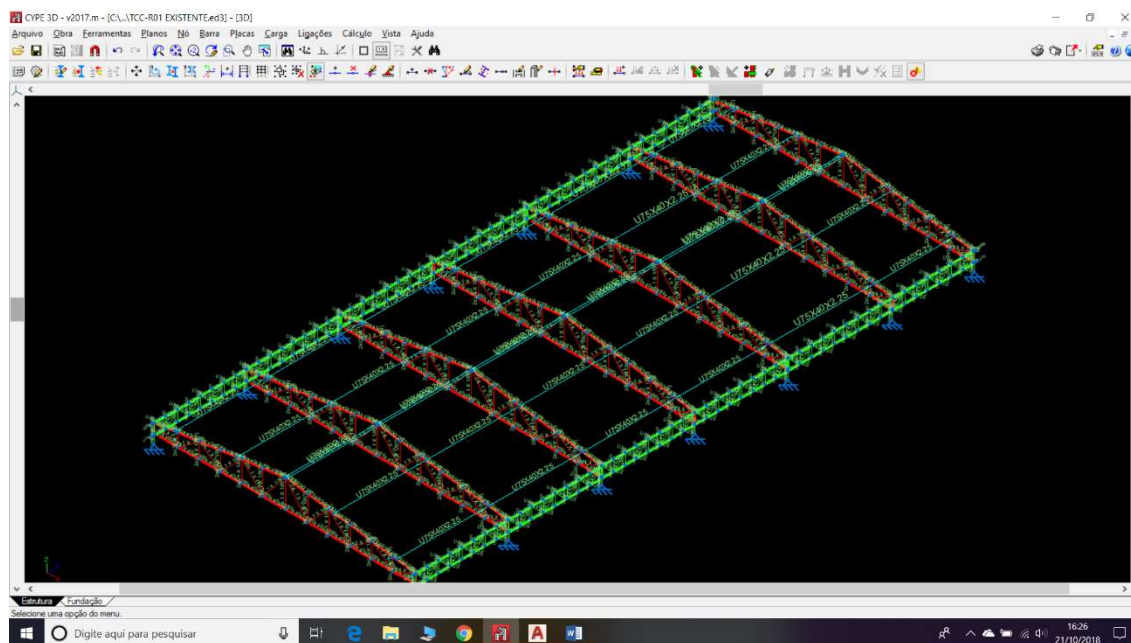
**Figura 15** – Captura de tela da descrição dos perfis das peças no Cypecad.

Fonte: Projeto do autor coletada em 21/10/2018.



**Figura 16** – Captura de tela descrição de cargas no Cypecad.

Fonte: Projeto do autor coletada em 21/10/2018.

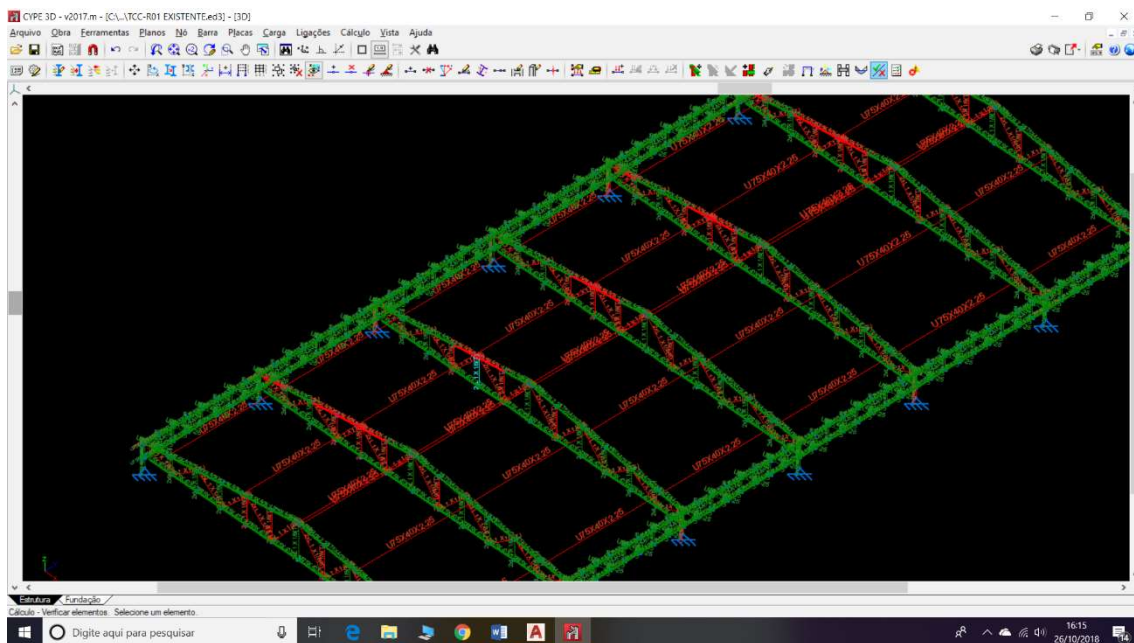


**Figura 17** – Captura de tela da estrutura pronta no Cypecad.

Fonte: Projeto do autor coletada em 21/10/2018.

Com a estrutura completamente descrita, solicitamos ao software que verificasse o dimensionamento do sistema. Após alguns minutos o programa nos indicou os elementos que estavam em conformidade com o exigido pela NBR 8800/2008 através da cor verde e os que não estavam em conformidade através da cor vermelha.

Terças, diagonais e montantes superiores das treliças triangulares foram apontadas como inadequadas, pois a esbeltez dos componentes é maior que a esbeltez limite indicada em norma. O software adotou como parâmetro a NBR 14762-2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio, para determinar se o índice de esbeltez estava aceitável.



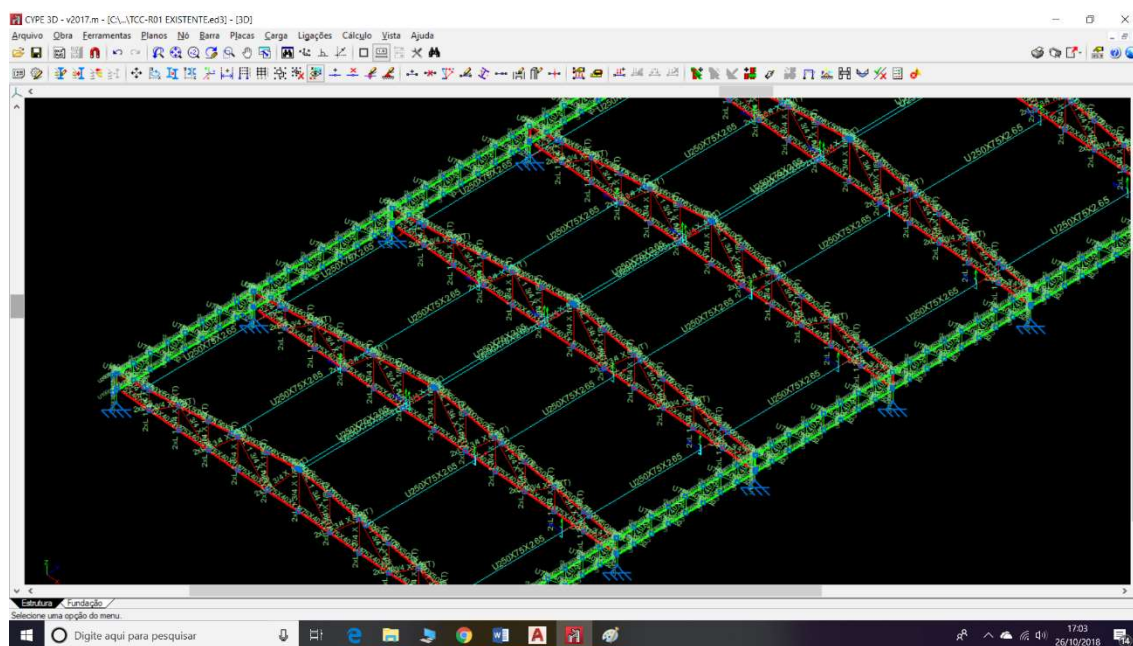
**Figura 18** – Captura de tela das terças, diagonais e montantes das treliças triangulares inadequadas Cypecad.

Fonte: Projeto do autor coletada em 21/10/2018.

## 4 – DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos, a própria plataforma do Cypecad nos forneceu a indicação dos perfis que satisfariam às solicitações atuantes. Indicamos ao software que dimensionasse a estrutura que estaria com todas as componentes completamente satisfatórias, desta forma, as indicações de perfis convenientes para terças U250x75x2.65, para diagonais das treliças triangulares 2L1  $\frac{3}{4}$  x1/8(T) e para montantes superiores U74x40x3.75.

Com a substituição dos perfis, nossa estrutura foi verificada com sucesso, tendo o aval do programa e conseqüentemente da norma.



**Figura 19** – Captura de tela da estrutura correta no Cypecad.

Fonte: Projeto do autor coletada em 21/10/2018.

Este trabalho não tem por objetivo indicar soluções concretas, mas podemos lançar ideias de melhorias, como:

- O deslocamento das terças para os nós das treliças e o deslocamento das treliças triangulares para os pontos de apoio das vigas nos pilares. Quando o elemento é descarregada fora do nó, ela exige da estrutura esforços diferentes de tração e compressão, prejudicando a estabilidade. Este reposicionamento, resultaria na incidência contínua do fluxo de distribuição de cargas.

- Refazer os aparelhos de apoios, evitando que ocorram flechas nas treliças triangulares, ou reforçá-los utilizando mão francesa;

- Reforçar elementos subdimensionados utilizando novas barras vinculadas a atual estrutura.

## 5 – CONCLUSÃO

Foram salientadas no início deste estudo, práticas de construção civil que não possuem estudo ou projeto prévio para serem realizadas, sendo elas feitas através de conhecimento empírico dos construtores.

Percebemos que o nosso objeto de estudo fazia parte deste cenário e deste modo procuramos verificar se o dimensionamento havia sido realizado de modo apropriado.

O fator mais preocupante em todo o contexto nos pareceu ser a ação do vento, pois em dias de vento forte se observa uma grande pressão interna atuando.

No decorrer deste trabalho foi possível comprovar a hipótese inicial de que a estrutura de Coberta do pátio do Bloco 2 da Faculdade de Extrema está inapropriadamente dimensionada e executada, sendo assim, podemos afirmar que a mesma representa um risco eminente a instituição e seus usuários, pois o vento de norma ocorre pelo menos uma vez a cada 50 anos, levando em consideração que a FAEX tem 17, é possível que ocorra nos próximos 33 anos.

Acreditamos ser necessário um acompanhamento contínuo do conjunto estrutural, atentando-se ao aumento de flechas e movimentação da estrutura.

Algumas indicações de melhoria foram feitas, mas nenhuma com objetivo concreto de correção, pois acreditamos que seria imprescindível um estudo mais aprofundado, que focasse nas correções da estrutura a curto, longo e médio prazo, a fim de evitar problemas graves possam ocorrer no futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 880/2008, Projeto de Estruturas de aço e de Estruturas Mistas de aço e concreto.** Rio de Janeiro/RJ, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6123/1988, Forças Devidas ao Vento em Edificações.** Rio de Janeiro/RJ, 1988.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 14762/2010, Dimensionamento de Estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.** Rio de Janeiro/RJ, 2010.

BRASIL, Reyolando M. L.; SILVA, Marcelo A. da. **Ação do vento para efeito de cálculo de edificações.** Universidade de São Paulo, Departamento de estruturas e geotécnica, 2010. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/acao-do-vento-para-efeitos-de-calculo-de-edificacoes-285839-1.aspx>.

CHAMBERLAIN, Zacarias. **Ações do vento em edificações.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2009.

GERMINO FILHO, Carlos Eduardo; RODRIGUES JUNIOR, Julio Cesar de Jesus. **Dimensionamento de um galpão de armazenamento.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2016.

Google Earth> GOOGLE EARTH-MAPAS. [Http://mapas.google.com](http://mapas.google.com).

**Objetivo da norma NBR 8800-08/2008.** Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27466/nbr8800-projeto-de-estruturas-de-aco-e-de-estruturas-mistas-de-aco-e-concreto-de-edificios>> Acesso em 21 de outubro de 2018, 11:55.

**Objetivo da norma NBR 14762-07/2010.** Disponível em:

<<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27266/nbr14762-dimensionamento-de-estruturas-de-aco-constituídas-por-perfis-formados-a-frio>>

Acesso em 21 de outubro de 2018, 12:30.

<http://rltengenharia.blogspot.com/2015/11/trelicas-classificacao.html> – Coletada em 20/10/2018.

<http://edificandoonline.blogspot.com/2010/12/acao-do-vento-em-edificacoes-parte-1.html> – Coletada em 20/10/2018.

<https://estagioconstrucaonavalipufrrj.wordpress.com/2012/08/18/meu-parecer-sobre-as-atividades-do-estagio/>.