



## ESTUDO DA PATOLOGIA EM COBERTURA DE ESTRUTURAS METÁLICAS E PROPOSTA PARA SUA CORREÇÃO NA CIDADE DE MANHUMIRIM

*Philippe Lopes Silva Paiva*

*José Francisco Anuniação Pinto*

*Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Estruturas Metálicas*

**Resumo:** As estruturas metálicas estão numerosas presentes em coberturas nas edificações, e com isso nota-se também frequentes relatos de patologias nelas associadas. Foi analisado uma cobertura metálica de uma capela na cidade de Manhumirim, onde notou-se uma ruptura em um dos elementos estruturais e para encontrar a origem do problema, foi realizado o dimensionamento com base nas normas vigentes de estruturas metálicas para identificar os possíveis fatores que causaram tal patologia. Para o dimensionamento foi utilizado o software de cálculo Cype 3D e foi constatado perfis com pouca suficiência adotados na estrutura, que devem ser substituídos para que a estrutura metálica não apresente mais patologias e que não possua risco a sua utilização. Outro possível fator mencionado foi a falta de manutenção periódica, o que colaborou para uma oxidação de alguns elementos estruturais e sua proliferação na estrutura, acentuando a patologia observada na cobertura, levando os efeitos de sobrecarregamento até os pilares e paredes de vedação que apresentaram fissuras em algumas faces.

**Palavras-chave:** Perfis metálicos. Dimensionamento estrutural. Cobertura metálica. Aço na construção civil.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é pautada sob as normas brasileiras que visam segurança e economia, nelas são informadas as devidas formas de calcular e executar uma estrutura para que tenha o melhor aproveitamento dos elementos, sem a perda da sua resistência, garantindo uma vida útil satisfatória para a construção. Mesmo com essas premissas sendo usadas estas estruturas ainda estão susceptíveis a casos de patologias nas obras.

Analisar e diagnosticar quais patologias ocorreram na estrutura é um processo bem complexo, pois muitas das vezes o problema não é simplesmente visual e exige um estudo aprofundado. As patologias aparecem de várias formas, como por exemplo a umidade na parede, as fissuras nos cantos de esquadrias e até mesmo a ruptura de alguma peça estrutural.

As estruturas metálicas têm diversas vantagens, entre elas a sua flexibilidade, o que permite a peça ser fabricada com diferentes formatos e dimensões, o que permite o leque de possibilidades. Outra vantagem é sua agilidade na montagem, uma vez que as peças são pré-fabricadas, quando chegam a obra, basta apenas a sua instalação, permitindo que a construção tome um tempo bem menor comparado as construções em concreto armado.

Como os demais métodos de construção civil, a estrutura metálica também está suscetível a patologias, e essas podem surgir em vários momentos da vida útil do elemento. Desde o erro no dimensionamento, até a má ou ausente manutenção exigida pela peça estrutural. As patologias em estruturas metálicas muitas das vezes acontecem por corrosão nas ligações ou em algum trecho onde não foi corretamente impermeabilizado, como também trechos expostos a umidade e altas temperaturas.

A patologia analisada é de uma estrutura metálica de cobertura em uma edificação situada em Manhumirim – MG, onde com o decorrer do tempo começou a apresentar fissuras nas paredes de alvenaria até que evoluíram para uma fenda, a partir desse momento foram observados um crescimento maior da abertura até que foi notado o rompimento do banzo inferior de uma das treliças metálicas da cobertura.

Tendo em vistas os problemas apresentados na estrutura e alvenaria, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a patologia ocorrida nessa estrutura metálica e buscar uma solução economicamente viável para que seja aplicada, como também expor qual fator levou o rompimento dessa estrutura metálica, para que possa indicar possíveis prevenções para que tal patologia seja evitada em outras construções.

Com o estudo da estrutura, foi possível descobrir se a patologia foi causada por erros de dimensionamento, execução, fundação ou a falta de manutenção. Em casos de falta de manutenção, cabe também averiguar se o responsável técnico informou sobre as mesmas.

Os dados obtidos irão ajudar nas futuras obras e no ramo da Construção Civil como um todo, orientando desde o início da construção para não ocorra eventualmente patologias e garanta a longevidade da edificação.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. Referencial Teórico**

#### **2.1.1 Aço na construção civil.**

Durante toda história é possível perceber a utilização de aço para criação de materiais de uso humano, desde ferramentas manuais até mesmo as construções de grande porte. Segundo Silva, Carneiro, Santos e Cury (2018), uma das primeiras construções em aço registradas foi em 1779 na construção da Ponte Ironbridge, na Inglaterra durante o século XVIII, enquanto acontecia a Revolução Industrial, ponto crucial que demarcou a vasta produção do aço, para atender a grande demanda do aço, principalmente na construção da linha ferroviária, que muito se popularizou nesse século.

O aço tornou-se indispensável no Brasil no século XIX, no surgimento do concreto armado, possibilitando as edificações um vão entre apoios muito maior do que a praticada. A partir de então, o aço vem sendo cada vez mais utilizado devido as suas vantagens de alta resistência a tração e compressão, maleabilidade, rápida execução, dentre outras características (FERRAZ, 2005).

#### **2.1.2 Patologias em estruturas metálicas na construção civil.**

O aço se destaca entre os outros materiais convencionais por sua propriedade de maleabilidade, tornando-o muito eficaz em diversas aplicações na construção civil, por ser facilmente moldado para atender as demandas de projeto e facilitar a resolução de muitas construções, de acordo com Ferraz (2005).

“Para a determinação dos efeitos das ações, necessários para o dimensionamento, os esforços resistentes de cálculo devem ser obtidos mediante o emprego de modelos teóricos coerentes com os empregados em projeto.” (ABNT NBR 14762, 2010, p.66). Uma das primeiras etapas é a elaboração do projeto e seu dimensionamento estrutural, e nessa primeira etapa que acontecem a maioria das patologias na construção civil, desde estruturas com pouca resistência, até mesmo estruturas superdimensionadas, causando esforços solicitantes maiores, não previstos durante a avaliação de cargas na estrutura.

#### **2.1.3 Principais motivos para ocorrerem patologias em estruturas metálicas na construção civil**

Para Sacchi e Souza (2017, p.21), “A implantação de um controle de qualidade no detalhamento, fabricação e montagem das estruturas garante a redução da necessidade de intervenções para corrigir falhas”. Todo processo do aço deve ser acompanhado rigorosamente, evitando qualquer erro de processamento, eliminando as chances de patologias provenientes. Erro na elaboração do projeto estrutural, tornando-o incompatível com os demais projetos hidrossanitários e elétricos, como também o cuidado com a compra dos perfis para que não seja utilizado aço de baixa qualidade não previsto no dimensionamento da edificação, são fatores que ocasionam patologias nas estruturas metálicas, ocasionando gastos extras com redimensionamento, procura por soluções para aquilo que não foi previsto e atrasos no cronograma da obra.

Mesmo que muito popularizado as construções metálicas, ainda sim elas exigem na sua construção uma mão de obra especializada, esta é muito importante para qualquer modelo de construção civil, pois a operação do material deve ser feita por

trabalhadores capacitados para que garantam seu perfeito estado de uso e funcionamento.

Dentre muitos fatores responsáveis pelas patologias, o que mais se destaca é a corrosão, presente na maioria dos registros de patologias em estruturas metálicas, “Denomina-se corrosão o processo de reação do aço com alguns elementos presentes no ambiente em que se encontra exposto, sendo o produto desta reação muito similar ao minério de ferro” (Pfeil, W.; Pfeil, M., 2008, p.18). Nesse processo, o aço envolvido pela corrosão tem sua seção comprometida e diminuída, causando uma redução na sua resistência, sendo uma das principais causas de colapso em estruturas metálicas.

#### **2.1.4 Principais métodos para reparo de patologias em estruturas metálicas na construção civil**

A proteção contra corrosão dos aços expostos ao ar e a umidade é feita por pinturas ou por galvanização. Segundo Pannoni (2007), a pintura é feita a partir do fundo preparador Primer, lançado por pistola pneumática ou pincel em toda superfície da peça metálica antes e depois de sua utilização, com as demãos especificadas pelo fabricante, a depender da marca adquirida. Já o processo de galvanização é realizado ainda em fábrica, antes da distribuição das peças para o consumidor, com a peça devidamente preparada, o processo é feito por meio da submersão da peça no líquido Zinco, adquirindo na peça metálica uma camada protetora contra corrosão.

Ainda de acordo com Pannoni (2007), uma vez que encontrada uma patologia na estrutura metálica, deve-se analisar toda estrutura a fim de sanar quaisquer indícios de outras patologias, demarcando os pontos necessários, em casos de corrosão, deve-se escorar toda estrutura para que seja feito os procedimentos para eliminação dos pontos corroídos. Se possível, a retirada da peça obstruída para a substituição por nova peça devidamente preparada para não oxidar no seu tempo de vida útil, caso contrário, a adição de peças adjacentes para reforço da estrutura, formando uma ponte para os esforços, e selando toda área oxidada para que não seja transferida para demais partes da estrutura.

#### **2.1.5 Medidas profiláticas de patologias em estruturas metálicas**

De acordo com Sales, Malite, Gonçalves e Bonfá (2006), a prevenção contra as patologias em estruturas metálicas começa desde o planejamento e modelagem das estruturas, sendo de total responsabilidade do autor do projeto e dimensionamento. Deve-se evitar o contato sem isolante entre diferentes metais, como o alumínio e o cobre, e se possível, dimensionar utilizando apenas um metal, de preferência o aço, por sua diversidade e custo reduzido. Durante o dimensionamento, deve-se prever o correto escoamento da água pluvial, em casos de estruturas metálicas expostas ao tempo, como também da correta posição dos perfis metálicos, evitando que os mesmos formem pontos propícios ao acúmulo de umidade, ocasionado eventualmente oxidação na estrutura metálica.

A antecipação das soluções contra as patologias é a melhor forma de evitar que as mesmas ocorram, pois mesmo que ocorrido algum erro durante sua execução, o elemento metálico já está devidamente preparado para combater diversas patologias suscetíveis (SALES; MALITE; GONÇALVES; BONFÁ, 2006).

#### **2.1.6 Vantagens da utilização de estruturas metálicas na construção civil**

Os aços presentes em estruturas metálicas na construção civil na maior parte são os laminados e os dobrados a frio. Segundo Alencar e Silva (2019), os laminados

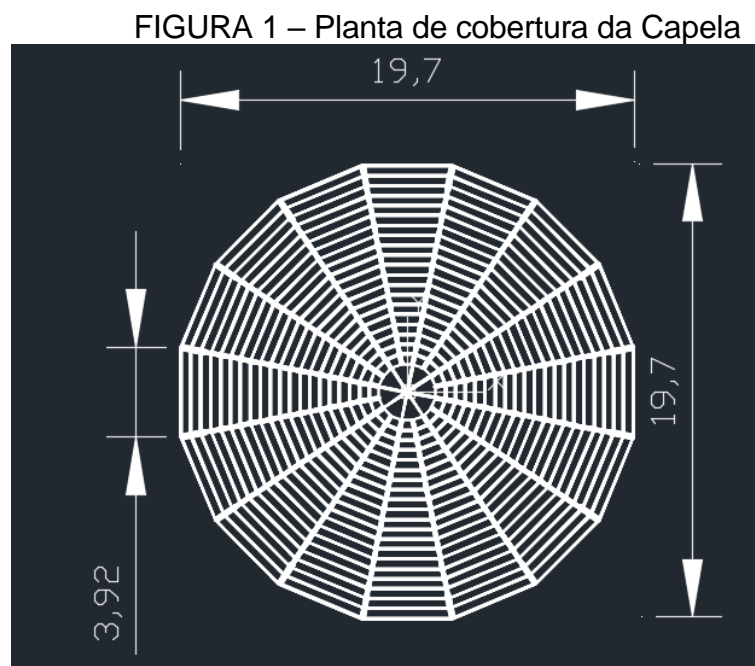
utilizados no Brasil são padronizados em cantoneira, perfil U, I e H; já os dobrados a frio são as cantoneiras, perfil U e U enrijecidos. Dentre os aços, denomina-se MR250 o aço de média resistência mecânica, AR350 o aço de alta resistência mecânica e AR-COR415 o aço de alta resistência mecânica e à corrosão.

A estrutura metálica tem seu custo elevado se comparado ao concreto armado, porém tem sua montagem muito mais rápida, e essa é a principal razão que grandes comércios têm adotado em sua edificação, pois em menor espaço de tempo a edificação já pode ser utilizada para sua finalidade, tornando válido a alto investimento. Já a madeira, ainda tem seu custo elevado se comparada as estruturas metálicas, e também é suscetível a intempéries e organismos provenientes do solo. Muito utilizada em construções de modelo arquitetônico rústico, a estrutura de madeira tem sua execução também de forma rápida, sendo aplicada quando há necessidade estética, além da estrutural, fazendo referência as construções antigas que tinha a madeira como elemento preponderante, tornando um conceito estrutural de alto padrão.

## 2.2. Metodologia

### 2.2.1 Estrutura Real

Inicialmente o modelo geométrico é similar a estrutura real e será feita uma análise para encontrar o que levou a estrutura a sofrer colapso em um perfil metálico da sua composição. Encontra-se o modelo geométrico, representado pela Figura 1 com cotas das extremidades expressadas em metros. Os pilares de concreto armado possuem seção de 20x100cm e as treliças penetram o pilar, descarregando as cargas nele, como mostra a Figura 2. A Figura 3 representa como se encontra as treliças metálicas executadas.



Fonte: Os Autores.



FIGURA 2 – Trelças embutidas nos pilares



Fonte: Os Autores.

FIGURA 3 – Trelças da Capela



Fonte: Os Autores.

A estrutura metálica de cobertura da capela apresentada acima, é composta por treliças de perfil de aço com carregamentos de telhas cerâmicas no estilo colonial, tendo

sua edificação em concreto armado e alvenaria no formato circular, com a cobertura em estilo cúpula.

Além da determinação da patologia, o presente trabalho busca aperfeiçoar os futuros dimensionamentos de estruturas metálicas, fornecendo informações relevantes para os profissionais da área e colaborando para a longevidade da vida útil das edificações nas sociedades.

### 2.2.2 Modelo numérico

As ligações entre os elementos foram consideradas rotuladas, exceto entre a ligação entre os pilares e as treliças, pois devido a condição de embutimento das treliças nos pilares, as treliças descarregam diretamente nos pilares.

Foi realizado o dimensionamento da estrutura metálica por meio do software Cype 3D, que analisa flechas, peso próprio, esbeltez e resistência do aço, e através disso gera hipóteses que satisfaçam a estrutura e que atendam as normas. Os softwares auxiliares, para comparar se foi utilizado os perfis metálicos coerentes na edificação e a partir desse ponto, determinar os fatores que levaram a estrutura a ocorrer patologias.

Cada treliça deposita nos pilares cerca de 7,4 toneladas de carregamento e momento de aproximadamente 164 kN.m, gerando muitos esforços nos pontos mais altos dos pilares, tal carregamento é exemplificado na Descrição da análise estrutural. Para suportar o carregamento, foram feitos pilares de concreto armado com seção de 20x100cm, pilares robustos para combater os momentos solicitantes.

Foi utilizado no dimensionamento dessa estrutura o aço SAE 1020, que possui propriedades semelhantes aos aços presentes no mercado. Essa obra foi realizada durante os anos de 2001 e 2002 e algumas normas foram alteradas desse período até os dias atuais.

### 2.2.3 Descrição da análise estrutural

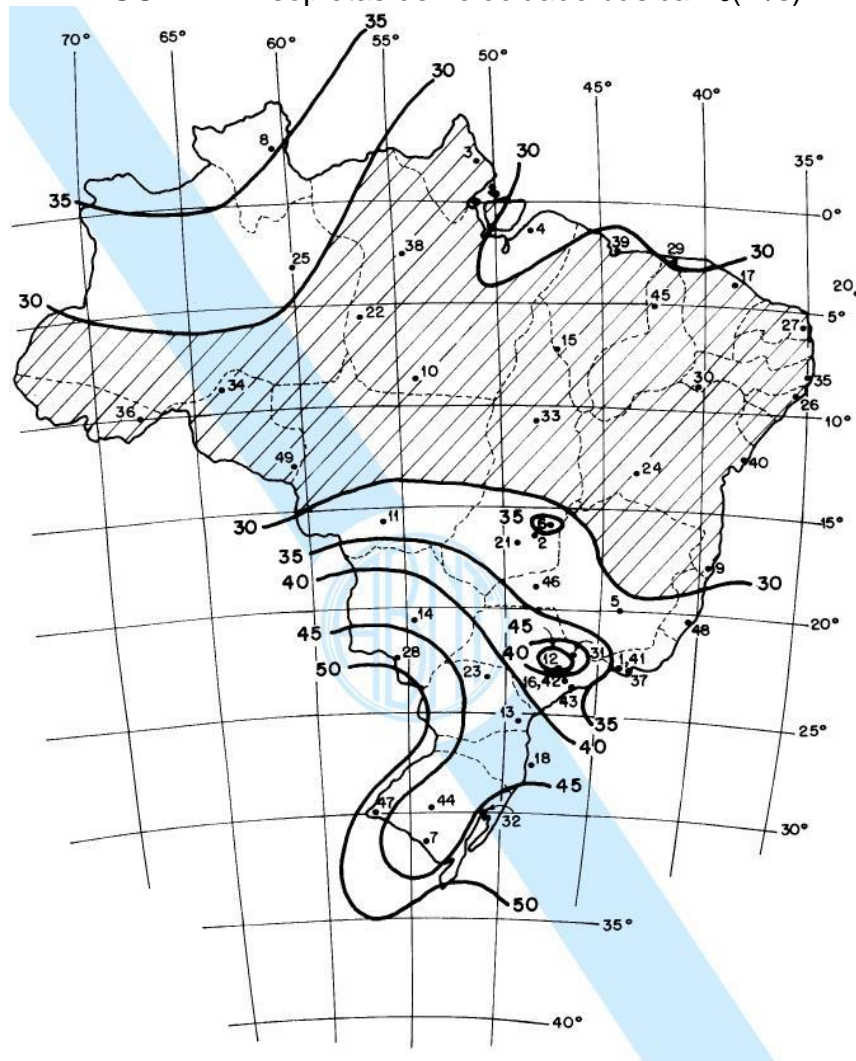
O primeiro passo para o dimensionamento da estrutura é definir seu carregamento próprio, acidental e a ação do vento. O material de sobrecarga nessa estrutura metálica é telha cerâmica do modelo colonial com seu peso próprio obtidas pelo Pfeil e Pfeil (2003), em seu livro de Estruturas de Madeira, em condições secas e úmidas representado na Tabela 1 e sua carga acidental obtida pela ABNT NBR 6120:2019 de 0,7kN/m<sup>2</sup>. O peso próprio da estrutura é calculado pelo software. A partir do mapa dos ventos, representado na Figura 4, adotou-se para a região de Manhumirim, a velocidade básica do vento igual a 31m/s.

TABELA 1 – Ações Permanentes

Telhas cerâmicas secas	0,650kN/m <sup>2</sup>
Telhas cerâmicas úmidas	0,845kN/m <sup>2</sup>

Fonte: Livro - Estruturas de Madeira, Pfeil e Pfeil (2003).

FIGURA 4 – Isopletas de velocidade básica  $V_0$ (m/s)



Fonte: ABNT NBR 6123:1988.

Para determinação da pressão dinâmica, adotou-se os valores expressos no Quadro 1, referente ao fator topográfico – S1, fator rugosidade, dimensões e terreno – S2 e fator estatístico – S3, baseados na NBR 6123:1988.

QUADRO 1 – Velocidade característica do vento

S <sub>1</sub>		S <sub>2</sub>		S <sub>3</sub>
z	7,63m	Rugosidade	IV	Grupo 2
θ	15,6°	Dimensões	Classe B	
d	40m	Z <sub>1</sub>	7,63m	
b	18,7m			
a	18,7m			
h	7,63m			
1		0,83		1

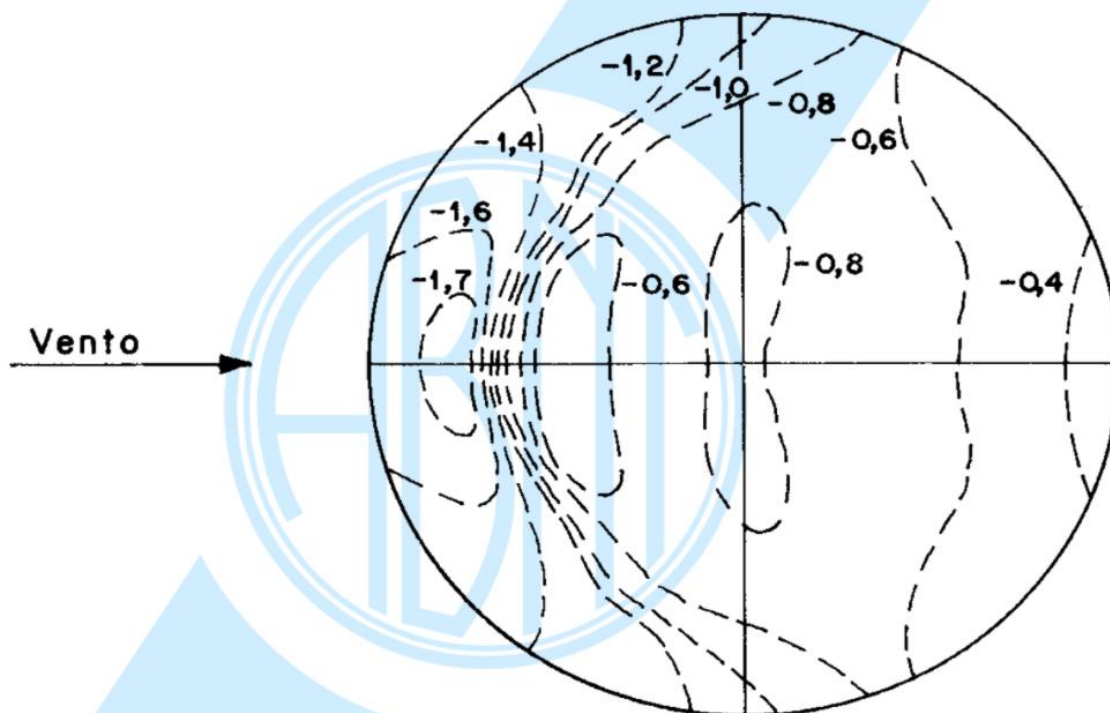
Fonte: Os Autores.



A pressão dinâmica do vento é o produto da velocidade básica do vento e da velocidade característica do vento, chegando no resultado igual a  $0,406\text{kN/m}^2$ .

Para obter os valores de ações que o vento implica sobre a estrutura metálica de cobertura, multiplica-se a pressão dinâmica pelo coeficiente de pressão externa delimitado por linhas isobáricas representadas na Figura 5.

FIGURA 5 – Linhas isobáricas do coeficiente de pressão externa



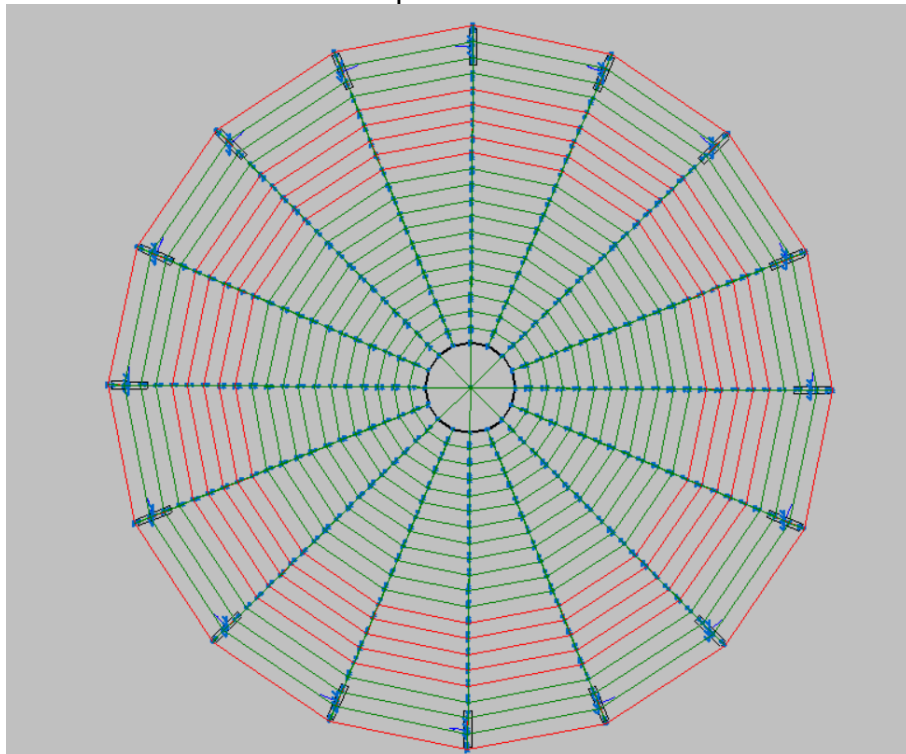
Fonte: ABNT NBR 6123:1988.

### 2.3. Discussão de Resultados

Em um primeiro momento foi analisado a estrutura metálica como se encontra executada, e os resultados apontaram na maior parte o limite de esbeltez excessivo (linhas vermelhas) em alguns elementos estruturais, como mostra a Figura 6, principalmente nos elementos estruturais de terças. As barras metálicas da extremidade estão sujeitas a tração, e tem seu limite de esbeltez normativo de 300, mas na estrutura alcança valores superiores, excedendo o limite normativo. As barras metálicas representadas mais ao centro da estrutura estão sujeitas a compressão, e tem seu valor normativo de 200, mas ultrapassam 255, excedendo o valor normativo limite. Portanto, essas barras já não atendem as verificações adicionais das mesmas, sendo necessário fazer modificações para que a estrutura venha atender as normas.

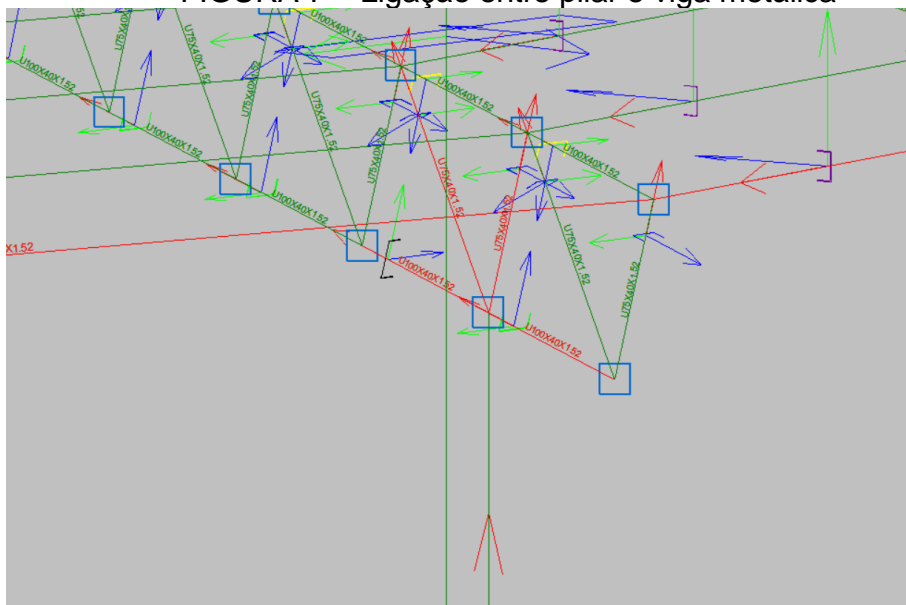
A estrutura em análise com os elementos em diagonais e montantes engastados e rotulados apresentaram resultados similares. A ligação entre pilar e viga causa um momento de maior grandeza, exigindo um perfil acima do utilizado na figura, tanto para o perfil do banzo inferior, como os perfis de diagonal e montante, como mostra a Figura 7.

FIGURA 6 – Vista superior da estrutura metálica existente



Fonte: Os Autores.

FIGURA 7 – Ligação entre pilar e viga metálica



Fonte: Os Autores.

Foram encontradas e analisadas rupturas no banço inferior da estrutura metálica de cobertura realizada, tal ruptura pode ser observada na Figura 8, onde a seta indica o ponto crítico da mesma.

FIGURA 8 – Ponto de ruptura



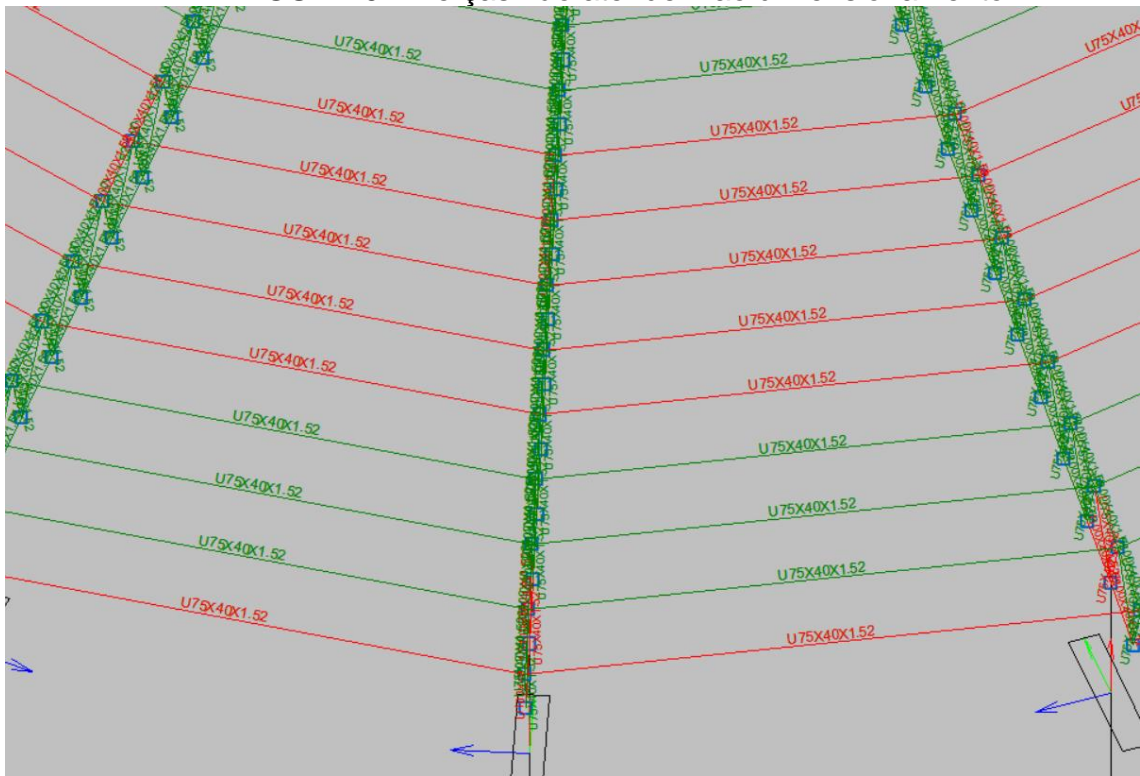
Fonte: Os Autores.

Os perfis metálicos utilizados na estrutura metálica não atenderam alguns valores limites, o perfil das terças utilizado foi o Perfil U 75x40x1,52 sofrendo de esbeltez excessiva, como observado na Figura 9. Após corretamente dimensionado, o perfil que atende a solicitação última de cálculo foi o Perfil U 100x60x3,75, alcançando os 22% de utilização.

O perfil metálico que também não atendeu os limites foi o Perfil U 75x40x1,52 utilizado nas diagonais e montantes da treliça, como observado na Figura 10, que compõem a viga metálica, sendo substituídos pelo Perfil U 75x40x2,25 após análises de limite de esbeltez e verificações últimas.

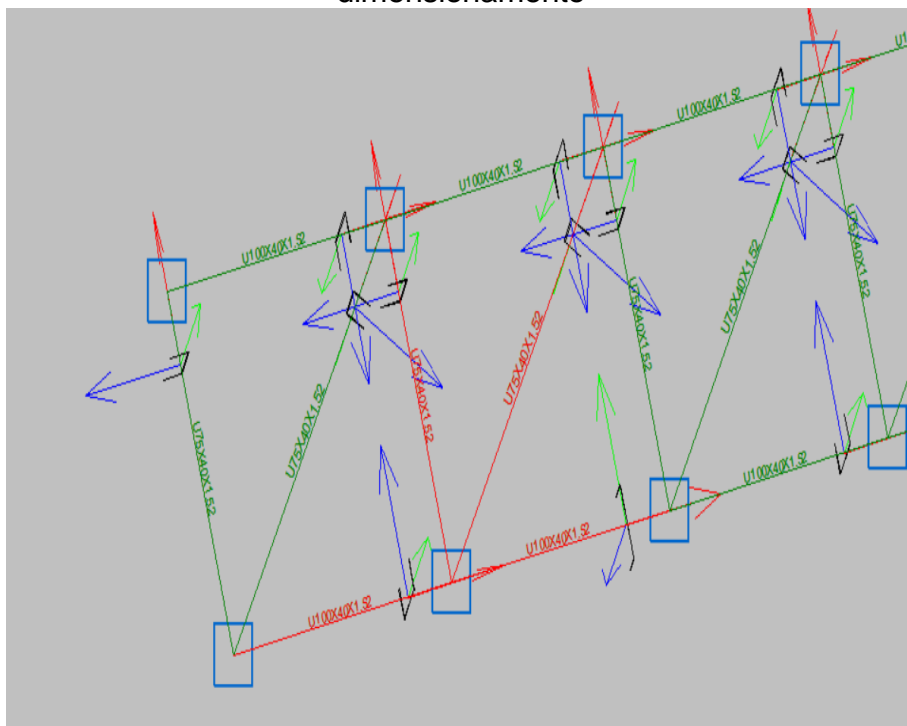
O banzo inferior, onde foi encontrada a ruptura na estrutura, utilizaram o Perfil U 100x40x1,52, mas após dimensionamento observa-se uma divergência no perfil que atendeu os limites normativos para receber os esforços da estrutura, o Perfil U 100x80x6,30 foi o mais indicado para a utilização, uma vez que utiliza 88% da utilização última de solicitação, na qual apresenta uma espessura e largura superior a utilizada na execução.

FIGURA 9 – Terças não atendem ao dimensionamento



Fonte: Os Autores.

FIGURA 10 – Diagonal, montante e banzo inferior não atendem ao dimensionamento



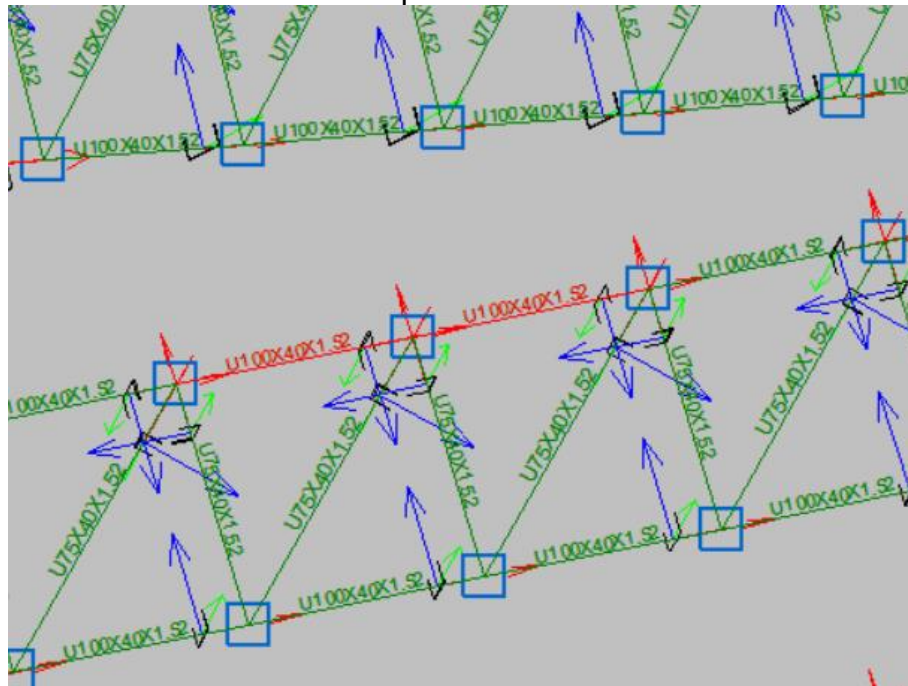
Fonte: Os Autores.

O perfil utilizado no banzo superior também sofreu pelo limite de esbeltez excedido, e deve ser substituído por um mais resistente. O perfil utilizado na estrutura foi o Perfil U 100x40x1,52, como pode ser observado na Figura 11, sendo devidamente



dimensionado e substituído pelo Perfil U 100x40x1,9, aumentando a espessura e aproximando dos 81% de utilização para combinações últimas de projeto.

FIGURA 11 – Banzo superior não atende ao dimensionamento



Fonte: Os Autores.

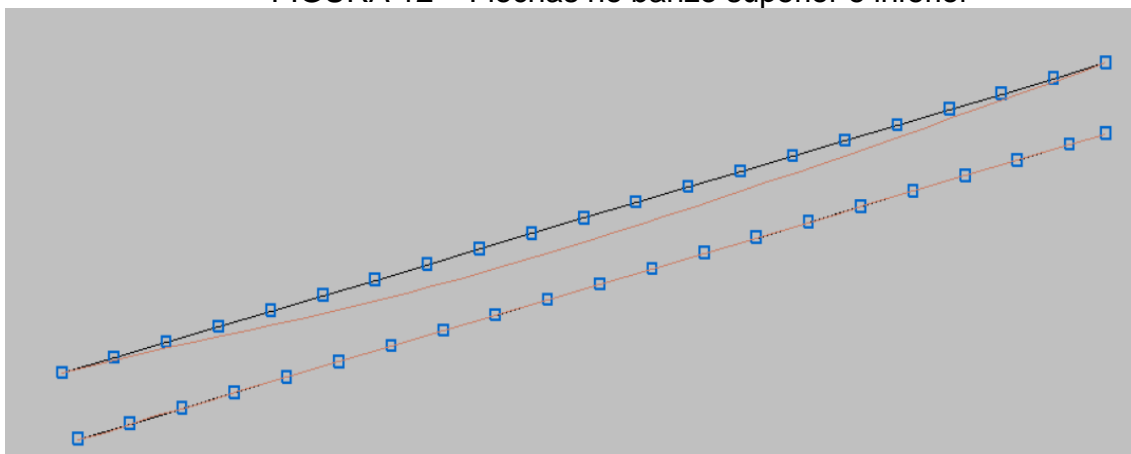
Os esforços aplicados na estrutura geram diversos valores de análises, dentre eles observa-se a flecha atuante nos banzos superior e inferior que atingem 0,8018mm, como mostra a Figura 12, um resultado dentro dos parâmetros da norma que limita o deslocamento de vigas de cobertura pelo comprimento dividido por 250, ou seja, podendo atingir o limite de 3,6 cm.

Outro dado importante é a força axial aplicada na estrutura dos banzos inferiores e superiores, representado pela Figura 13, e nas terças, dado pela Figura 14, até serem transferidos os esforços para os pilares. Os esforços axiais máximos nos banzos foram de aproximadamente 7kN por trecho em viga e nas terças alcançou 3,45kN por barra em seu estado último.

O esforço de cisalhamento que trabalha tangenciando a área de seção transversal da peça metálica no banzo inferior e superior atinge em sua combinação última o valor de 3kN, sendo transferido esse esforço para os pilares responsáveis pela sustentação da estrutura metálica e todas demais sobrecargas de utilização, como pode ser observado na Figura 15.

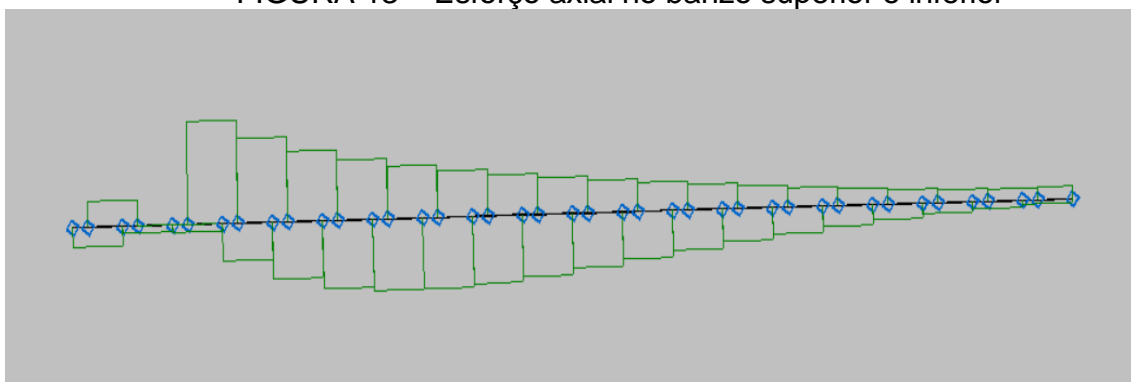


FIGURA 12 – Flechas no banzo superior e inferior



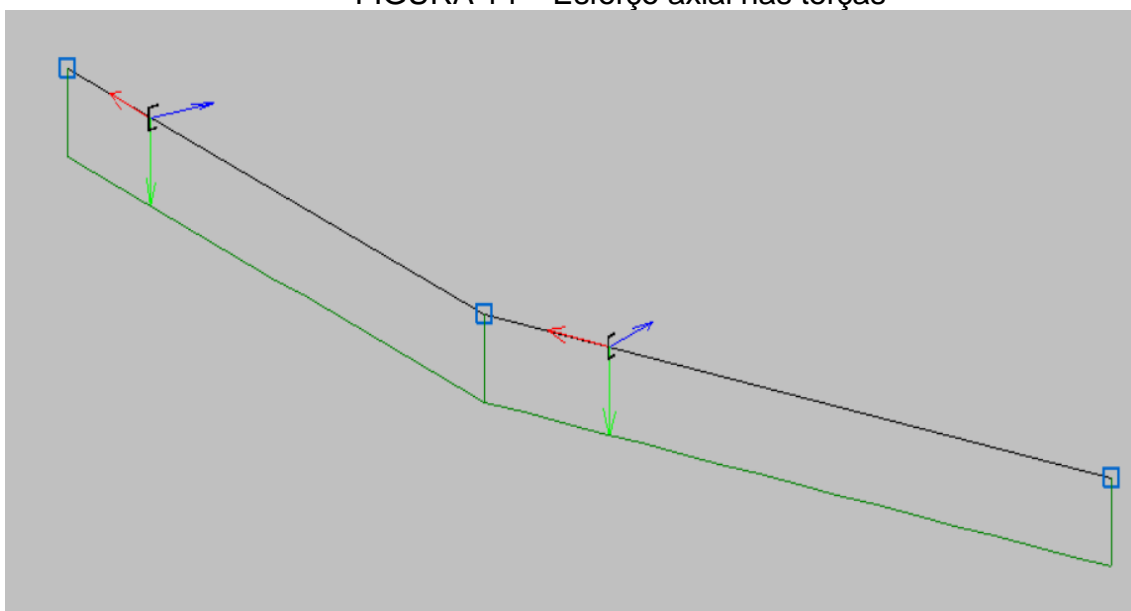
Fonte: Os Autores.

FIGURA 13 – Esforço axial no banzo superior e inferior



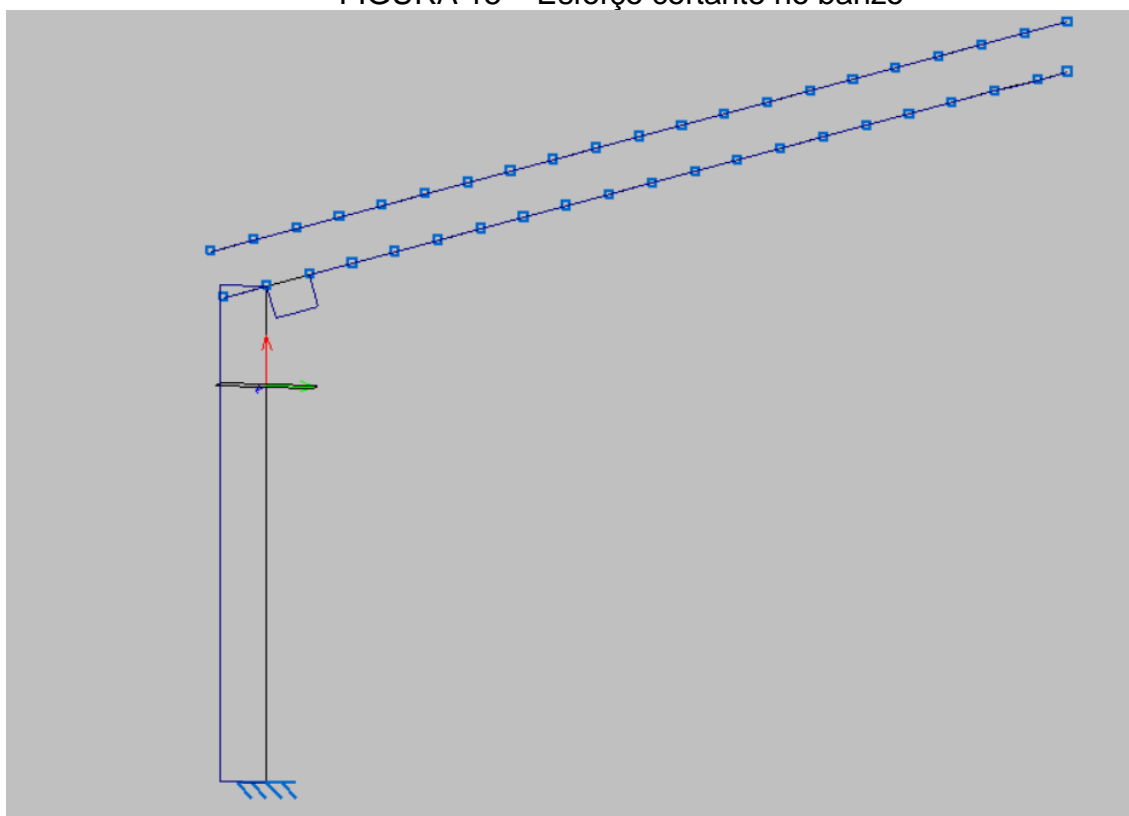
Fonte: Os Autores.

FIGURA 14 – Esforço axial nas terças



Fonte: Os Autores.

FIGURA 15 – Esforço cortante no banzo



Fonte: Os Autores.

Encontra-se no Quadro 2 o resumo de perfis metálicos para a elaboração do conjunto estrutural de cobertura de uma Capela em estudo, sendo a Sustentação os perfis metálicos no centro da cúpula, comparando o perfil em que foi construído e o perfil correto para a edificação, atendendo as normas de dimensionamento em seu estado limite último e serviço, agregados aos valores obtidos pelo Cype 3D, como também a quantidade de perfis necessárias para a sua futura execução.

QUADRO 2 – Resumo de perfis metálicos tipo U

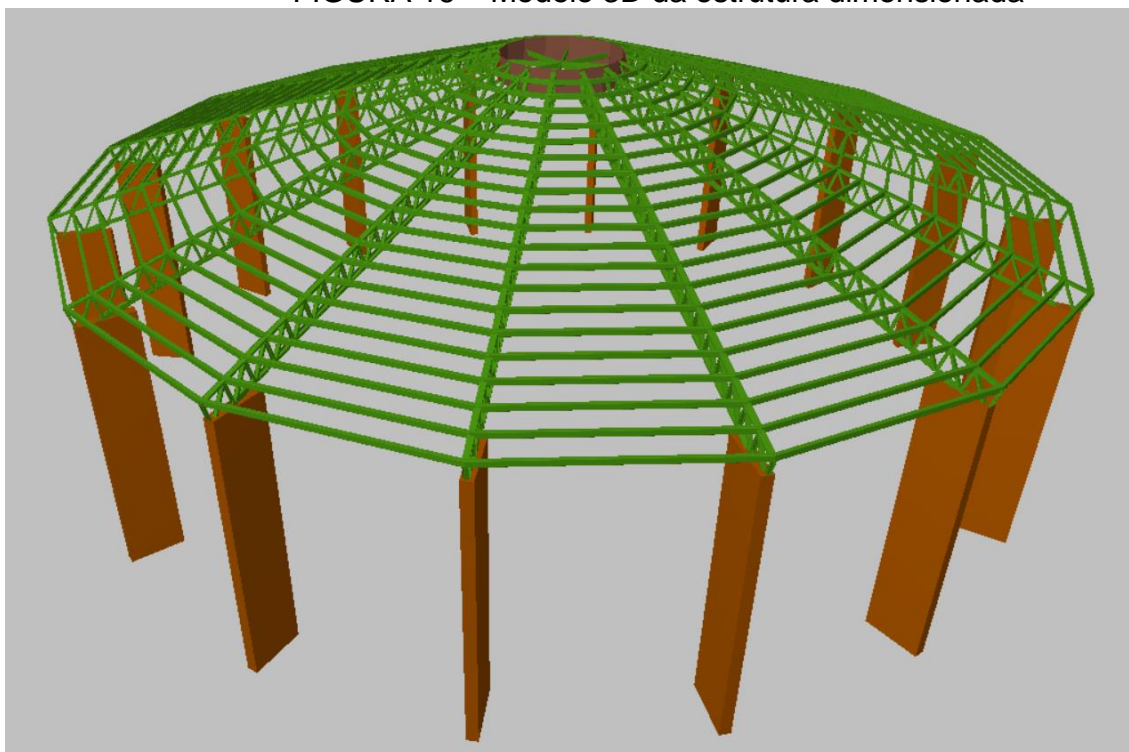
Elementos estruturais	Perfil executado	Peso (kg)	Perfil recomendado	Número de Perfis	Comprimento (mm)	Peso (kg)
Banzo Superior	100x40x1,52	472,36	100x40x1,9	16	9140	596,66
Banzo Inferior	100x40x1,52	472,36	100x80x6,3	16	9140	2453,91
Diagonal	75x40x1,52	582,91	75x40x2,25	320	660	865,92
Montante	75x40x1,52	445,13	75x40x2,25	336	480	661,25
Terças	75x40x1,52	2417,32	100x60x3,75	320	3910~660	7926,35
Chapas	500x10*	286,00	500x10*	16	480	286,00
Sustentação	100x40x1,52	32,30	100x40x1,52	8	1250	32,30

\*Chapa metálica com altura de 500mm e espessura de 10mm.

Fonte: Os Autores.

Após todos perfis serem alterados para corresponderem suas solicitações de dimensionamento, a estrutura está apta para receber todo carregamento de telhas de sobrecarga, carregamento adicional e esforços de vento atuantes na estrutura metálica. Esse modelo dimensionado pode ser observado na Figura 16, e como bem ilustrado todos os perfis respeitando os limites de esbeltez e resistência a tração, compressão e flexão.

FIGURA 16 – Modelo 3D da estrutura dimensionada



Fonte: Os Autores.

### 3.CONCLUSÃO

As estruturas metálicas são uma das mais utilizadas em cobertura por sua versatilidade, sua resistência, custo de material e facilidade na mão de obra, mas precisa ser devidamente dimensionada para evitar patologias que incomodam visualmente ou que prejudiquem a funcionalidade estrutural dos elementos. A cobertura em estudo sofreu rupturas no banzo inferior e foi submetida a um dimensionamento para que seja conferido se os perfis estão atendendo aos carregamentos e esforços aplicados.

A maioria dos perfis sofreram alterações para atenderem as solicitações de cálculo, de modo especial o banzo inferior que substituiu o perfil 100x40x1,52 para 100x80x63, tornando mais resistente para atender as combinações últimas de cálculo. Outro perfil também em destaque foi o das terças, que substituiu o perfil U 75x40x1,52 para o Perfil U 100x60x3,75 para atender a sua esbeltez excessiva.

Os perfis pouco suficientes aplicados na cobertura metálica são possíveis causas da ruptura aparente no banzo inferior, tornando obrigatório a substituição por perfis devidamente dimensionados, mas a patologia pode ter sido colaborada por demais fatores, como o agente corrosivo também encontrado nas faces dos elementos estruturais da cobertura, como também a falta de manutenção periódica, o que

proliferou mais facilmente a oxidação dos elementos do perfil que compõe o banzo inferior.

O dimensionamento pouco suficiente executado na cobertura também pode ter prejudicado outros elementos estruturais, como os pilares, que devido aos esforços solicitantes sobre eles podem ter causado outras patologias apresentadas na estrutura, como a fissuração nas alvenarias. De forma genérica, com a utilização de uma estrutura bem dimensionada, atendendo as verificações, esses esforços podem ser reduzidos, de modo que outras patologias não venham a ocorrer

Levando em conta a data da construção, é inegável que a estrutura foi provavelmente dimensionada por uma norma com versão anterior, dessa forma os parâmetros para dimensionamento de perfis dobrados a frio foram atualizados, que pode ser um dos fatores pelos quais os perfis analisados não atenderam as condições últimas de utilização. Dessa forma, sugere para trabalhos futuros, que faça um comparativo da estrutura sendo dimensionada com normas atuais e antigas, para que seja observada a diferença.

#### 4. REFERÊNCIAS

ALENCAR, Jorge Luis Alves; SILVA, Domingos Jorge Ferreira da. **Otimização no Corte de Perfis Metálicos Dobrados com Ênfase na Redução das Perdas**. 2019. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados - Ms, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2340>. Acesso em: 02 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 87 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 66 p.

FERRAZ, Henrique. O Aço na Construção Civil. **Revista Eletrônica de Ciências**, São Carlos - Sp, v. 22, n. 1, p. 2-17, maio 2005.

PANNONI, Fábio Domingos. **Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em situação de Corrosão e Incêndio**. 4. ed. São Paulo: Gerdau Aço Minas, 2007. 91 p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Aço**: dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008. 8. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2008. 382 p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2003. 224 p.

SACCHI, Caio César; SOUZA, Alex Sander Clemente de. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E CONTROLE DE QUALIDADE NA MONTAGEM E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 20-34, jan. 2017.

SALES, José Jairo de; MALITE, Maximiliano; GONÇALVES, Roberto M.; BONFÁ, José L. Z.. **ELEMENTOS DE ESTRUTURAS DE AÇO**: - dimensionamento. São Carlos: Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, 2006. 143 p.

SILVA, Lirana Lamara Barreto da; CARNEIRO\*, Juliana Silva; SANTOS, Paulo Ricardo Alves dos Reis; SILVA, Paulysendra Felipe; CURY, Luiz Fernando Seixas. LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NA PONTE METÁLICA FERROVIÁRIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS-MA. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 75., 2018, Caxias. **Congresso**. Maceió: Contecc, 2018. p. 1-5.