



## Análise do colapso da cobertura em estrutura metálica da Unidade Operacional da PRF em Bataguassu – Estudo de Caso

Danilo Serra Santos <sup>a</sup>; Christiane Areias Trindade <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Aluno de Graduação em Engenharia Civil, [danilo.serra@ufms.br](mailto:danilo.serra@ufms.br)

<sup>b</sup> Professora Orientadora, Doutora, [e-mail@ufms.br](mailto:e-mail@ufms.br)

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

### RESUMO

O artigo explora a importância das estruturas metálicas em coberturas na engenharia civil, destacando a sua maleabilidade, eficiência em grandes vãos e aplicabilidade em setores como a construção industrial. Apresenta a estrutura principal e secundária, destacando a pré-fabricação e a padronização como elementos-chave. O objetivo desta pesquisa é investigar o desabamento da cobertura metálica da Unidade Operacional da Polícia Rodoviária Federal (PRF) em Bataguassu ocorrido em 2023, entendendo as interações na construção, identificando causas específicas do desabamento, analisando os agravantes e fornecendo suporte para diretrizes de segurança em estruturas metálicas. O estudo de caso envolve análise de documentação técnica, avaliação de métodos de projeto e inspeções de campo. Depois de analisar a estrutura desabada, a complexidade do evento é revelada. A falta de manutenção regular e inspeções prévias são citadas como fatores contribuintes. Detalhes técnicos, como ancoragem, são discutidos, destacando pontos críticos do colapso. O estudo destaca a necessidade de práticas mais diligentes e sistemáticas na gestão da segurança e manutenção de estruturas metálicas. Conclui-se que a análise aprofundada do colapso fornece subsídios para a prevenção de eventos semelhantes no futuro e destaca a importância do cumprimento das normas técnicas, como a NBR 8681, na garantia da estabilidade estrutural ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** estrutura metálica; cobertura metálica; ação do vento.

### ABSTRACT

The article explores the importance of metal structures in roofs in civil engineering, highlighting their malleability, efficiency over large spans and applicability in sectors such as industrial constructions. It presents the main and secondary structure, highlighting prefabrication and standardization as key elements. The main focus is to investigate the collapse of the metal roof at the Operational Unit of the Federal Highway Police (PRF) in Bataguassu, in 2023. The objective is to understand the interactions in construction, identify specific causes of the collapse, analyze aggravating factors and provide subsidies for safety guidelines for metallic structures. The case study involves analysis of technical documentation, evaluation of design methods and field inspections. After analyzing the collapsed structure, the complexity of the event is revealed. Lack of regular maintenance and prior inspections are cited as contributing factors. Technical details, such as anchoring, are discussed, highlighting critical points in the collapse. The study highlights the need for more diligent and systematic practices in the safety management and maintenance of metallic structures. It is concluded that the in-depth analysis of the collapse provides support for the prevention of similar events in the future and highlights the importance of compliance with technical standards, such as NBR 8681, in guaranteeing structural stability over time.

**Keywords:** metallic structure; metallic cover; wind action.

### 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica do vento é um fenômeno complexo que sofre influência de uma variedade de fatores. Entre esses fatores, destacam-se as características das coberturas vegetais, a topografia da região e as edificações que compõem o ambiente. Cada um desses elementos desempenha um papel fundamental na maneira como o vento se comporta em uma área específica (ALBUQUERQUE *et al.*, 2022). Segundo Maurice Marcelli (2007), os ventos desempenham um papel central em uma série de

incidentes no Brasil, principalmente em regiões onde eles ocorrem com maior intensidade. No contexto urbano, as construções desempenham um papel específico na influência sobre o comportamento do vento. Elas atuam como barreiras físicas, muitas vezes com uma forma não aerodinâmica, o que resulta na criação de obstruções ao fluxo do ar. Quando o vento impacta uma edificação, ele gera vórtices significativos ao redor dela, provocando alterações na pressão local e no padrão de fluxo do vento nas proximidades. Esses efeitos dão origem a áreas de alta

e baixa pressão, influenciando a maneira como o vento se desloca e afetando a pressão na área circundante. Por isso, a ação do vento pode ser considerada como a ação variável de maior importância para alguns tipos de estruturas, destacando-se, entre elas, as coberturas metálicas.

A indústria de estruturas metálicas, que há muito tempo é difundida em países como Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha, tem experimentado um crescimento notável no Brasil nos últimos anos. O uso de estruturas metálicas tem se expandido, graças às vantagens que oferece, tais como componentes estruturais mais compactos, menor peso próprio da estrutura e prazos de execução mais curtos, conforme destacado por Oliveira, Soares e Santos (2020).

No entanto, a segurança das estruturas metálicas é uma preocupação essencial. Projetos de estruturas metálicas são regulamentados por normas que desempenham um papel fundamental na garantia do desempenho ideal da estrutura (ABNT, 2008). Essas normas estabelecem que o dimensionamento das estruturas deve seguir o método dos estados limites. No entanto, em algumas situações, ocorre a subestimação ou negligência de certas cargas, como as decorrentes da ação do vento, o que pode resultar no colapso da estrutura.

Para ilustrar esta situação, é relevante mencionar um incidente recente ocorrido em abril de 2023, amplamente divulgado pela mídia local. Durante esse período, uma tempestade com ventos atingiu a velocidade de 59,4 km/h, causando a destruição da cobertura da base da Polícia Rodoviária Federal (PRF), localizada na cidade de Bataguassu, a cerca de 335 quilômetros de Campo Grande, no estado de Mato Grosso do Sul. Além dos danos causados às estruturas metálicas e ao desprendimento de telhados de residências, a intensidade dos ventos também causou queda de árvores e postes de eletricidade (OLIVEIRA, 2023).

Nesse contexto, essa pesquisa se concentra na realização de uma análise do colapso da estrutura metálica da cobertura na sede da PRF em Bataguassu. Esse incidente não é apenas um evento isolado, mas também uma oportunidade para compreender as interações complexas envolvidas na construção e manutenção de estruturas metálicas.

Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é investigar o colapso da estrutura metálica da cobertura que ocorreu na Unidade Operacional da Polícia Rodoviária Federal (PRF) em Bataguassu, em abril de 2023. Esta investigação visa compreender as interações envolvidas na construção e manutenção de

estruturas metálicas, identificar as causas específicas desse colapso que podem ter ocorrido durante as etapas de projeto, concepção e construção. Além disso, a pesquisa se propõe a analisar os fatores agravantes que podem ter contribuído para o colapso, tais como questões relacionadas à manutenção, exposição a condições ambientais extremas, qualidade dos materiais e carga de uso ao longo do tempo.

Essa pesquisa, de natureza qualitativa, assume a forma de um estudo de caso. Para conduzir esta investigação, será adotada uma abordagem metodológica que engloba a realização de análises documentais, avaliações técnicas, inspeções de campo e modelagens computacionais. As informações obtidas possuem um papel fundamental no aprofundamento do nosso entendimento sobre as causas do colapso, e servirão como um aviso para o desenvolvimento de diretrizes de segurança mais específicas no contexto das estruturas metálicas. Além disso, espera-se que os avanços dessa pesquisa possam fornecer subsídios para a indústria da construção, contribuindo significativamente para a prevenção de futuros incidentes relacionados às estruturas metálicas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Tipos de Cobertura Metálica: Uma Análise Estrutural na Engenharia Civil

A Morfologia das Estruturas, derivada do grego, onde "*morfó*" significa forma e "*logia*" refere-se ao estudo em questão, em que são abordados aspectos referentes às coberturas como estruturas definidas pela sua forma, levando em consideração as características funcionais e estilísticas das edificações.

No âmbito das estruturas metálicas, sua maleabilidade destaca-se como um elemento essencial, tornando-se altamente útil em diversas aplicações na construção civil. Essa característica permite que o material seja facilmente moldado, atendendo às necessidades dos projetos de forma versátil e contribuindo para a solução de diversas questões, como destacado por Ferraz (2005).

A recomendação pelo uso de estruturas metálicas é fundamental na necessidade de vencer grandes vãos, conferindo-lhes uma vantagem significativa em relação a alternativas como o concreto, devido à sua menor densidade. Esta aplicação estrutural encontra-se frequentemente em diferentes setores, destacando-se nas construções industriais, galpões e ginásios, onde a sua eficiência e adaptabilidade são altamente valorizadas.

De acordo com Carreira (2011), no que se refere aos aspectos técnicos, um sistema de cobertura em estrutura metálica é um arranjo estrutural composto de barras, formando um conjunto autoportante, isto é, a estrutura é capaz de suportar seu próprio peso e as cargas impostas sobre ela sem depender de suportes externos. Isso é uma característica importante para a estabilidade da estrutura com destaque para sua pré-fabricação. As partes da estrutura são fabricadas fora do local de construção principal, ou seja, as peças são produzidas em condições controladas, o que pode melhorar a qualidade e eficiência do processo construtivo.

As padronizações dos componentes da estrutura metálica, bem como os detalhes construtivos, seguem padrões específicos. Essa uniformidade simplifica o processo de fabricação e montagem, pois as peças são intercambiáveis e encaixam-se de maneira consistente. Essa padronização também contribui para a simplificação do processo de fabricação e montagem. Ao seguir padrões predefinidos, o processo se torna mais eficiente, rápido e menos sujeito a erros.

Carreira (2011) afirma que a estrutura metálica é geralmente composta pela estrutura principal e pela estrutura secundária. A primeira, formada por pórticos em alma cheia ou treliçada, desenvolve-se no sentido do maior vão, garantindo o desempenho estrutural necessário para resistir a todas as ações ao longo de sua vida útil.

A estrutura secundária, composta por madres, tirantes e outros elementos, sustentada pela estrutura principal, é responsável por receber o revestimento final da cobertura. Essa abordagem confere estabilidade à estrutura, eliminando a possibilidade de ruína.

A tipologia mais utilizada em pavilhões é aquela que apresenta uma estrutura principal formada por pórticos planos transversais, estabilizados longitudinalmente por estruturas secundárias. Alternativamente, coberturas planas e inclinadas, em pórticos treliçados ou de alma cheia, podem ser exploradas, assim como o uso de coberturas em arco, em poligonais ou configurações diversas.

Quando se trata de coberturas metálicas, uma variedade de opções está disponível, incluindo alumínio, aço (galvanizado, termoacústico, entre outros), cobre, zinco e chumbo. Essas escolhas destacam-se pela funcionalidade na proteção contra intempéries e pela capacidade de se integrar harmoniosamente aos elementos especiais, agregando valor estético às edificações.

No cenário brasileiro, as estruturas metálicas para coberturas oferecem uma ampla gama de opções, como tesouras, vigas treliçadas, vigas de alma cheia, terças e treliças espaciais. Essa diversidade permite a adaptação a diferentes tipos de projetos, desde áreas de lazer ao ar livre até estruturas mais complexas, como coberturas de estádios e arenas esportivas (Flach, 2012).

A resistência do metal fornece soluções resistentes e de baixa manutenção, tornando as coberturas metálicas ideais para enfrentar as variações climáticas ao longo do tempo. Além disso, a rapidez na construção contribui para a eficiência nos prazos de execução, sendo uma escolha vantajosa em projetos que exigem celeridade na construção.

Por fim, as coberturas metálicas não atendem apenas aos requisitos técnicos da engenharia civil, mas também se destacam pelas especificações, eficiência e estética, oferecendo soluções robustas e adaptáveis para uma variedade de aplicações na construção moderna.

## **2.2 Principais Ações que Atuam sobre uma Cobertura**

Ao aprofundar as discussões sobre estruturas metálicas para coberturas, a engenharia civil exige uma compreensão mais detalhada das diversas forças que exercem sua influência sobre essas construções. A estabilidade e o desempenho dessas estruturas são assegurados pela habilidade de resistência e redistribuir eficazmente essas forças. Adiante, serão exploradas as principais ações que atuam sobre uma cobertura de estrutura metálica.

Para garantir a robustez da estrutura, é necessário considerar todas as principais ações que geram esforços na estrutura, conforme preconizado pela NBR 8681 (ABNT, 2003). Esta norma é brasileira e estabelece diretrizes para o dimensionamento estrutural em engenharia civil. Trata-se de um conjunto de regras e padrões técnicos que visa garantir a segurança e a eficácia das estruturas construídas. Nela, são disposições diretrizes essenciais para o dimensionamento estrutural, abordando estados limites últimos e de serviço.

Vale mencionar que os estados limites referem-se às condições extremas a que uma estrutura pode ser submetida, como terremotos ou ventos intensos. Já os estados limites de serviço dizem respeito às condições normais de uso, considerando fatores como deformações e deslocamentos aceitáveis. Ambos são aspectos críticos no dimensionamento estrutural, e a NBR 8681 (ABNT, 2003) oferece orientações específicas para cada um deles.

A NBR 8681 (ABNT, 2003) classifica as ações em permanentes, variáveis e exclusivas. Abaixo serão apresentados alguns elementos relevantes para a discussão das ações que influenciam uma cobertura de estrutura metálica na engenharia civil.

As ações permanentes estão intrinsecamente ligadas ao peso próprio da estrutura e aos elementos construtivos fixos, como alvenarias, coberturas, instalações e revestimentos. Essas ações podem ser diretas, relacionadas ao próprio peso dos elementos, ou indiretas, vinculadas a deformações, deslocamentos e imperfeições da estrutura.

Já as ações variáveis, também contempladas pela NBR 8681 (ABNT, 2003), são aquelas sujeitas a alterações ao longo da vida útil da edificação. Essas variações podem ser originadas pelo uso, presença temporária de móveis, máquinas, divisórias, além de fatores como variação de temperatura e ações do vento. A categorização dessas ações é vital para o projeto, considerando a dinâmica de mudanças ao longo do tempo.

Embora a NBR 8681 (ABNT, 2003) aborde também ações excepcionais, o escopo deste trabalho concentra-se nas ações permanentes e variáveis. As ações excepcionais, descrições de sua curta duração e ocorrências raras durante a vida útil da construção, incluem situações específicas como explosões, choques, sismos, inundações ou incêndios. Embora relevantes, tais eventos estão fora do escopo desta análise mais aprofundada.

Nesse contexto, a aplicação cuidadosa das diretrizes da NBR 8681 (ABNT, 2003) não apenas garante a conformidade normativa, mas também contribui para a precisão no dimensionamento estrutural. Essa abordagem minuciosa, considerando as ações permanentes e variáveis, é vital para garantir não apenas a estabilidade imediata da estrutura, mas sua durabilidade ao longo do tempo. O equilíbrio entre as forças e a resposta eficaz da estrutura tornam-se elementos essenciais na busca por soluções sólidas na engenharia civil.

### **2.3 Ações do Vento sobre uma Cobertura de Estrutura Metálica**

A influência do vento nas coberturas varia conforme sua localização, geometria e implantação, podendo gerar sobrepressão ou sucção significativa em regiões localizadas. Esses efeitos podem levar ao posicionamento de elementos das coberturas, como remates, elementos fixadores e componentes de ventilação ou iluminação (CARREIRO, 2011).

A interação entre o vento e a estrutura é uma atividade dinâmica, governada por uma variedade de fatores complexos, como relevo e rugosidade do terreno, presença de construções vizinhas, e características da forma e espessura do edifício, incluindo possíveis aberturas em sua estrutura. Nunes (2008) afirma que a eficácia de uma cobertura metálica na resistência ao vento é diretamente influenciada pelo seu perfil aerodinâmico. A engenharia civil, fundamentada em princípios científicos e normativos, não se limita a maximizar a resistência ao vento, mas também se propõe a dissipar suas forças de maneira eficiente, proporcionando estabilidade e segurança às estruturas.

Nesse sentido, a normativa NBR 6123 (ABNT, 2013) desempenha um papel determinante nesse cenário. Essa norma fornece um procedimento para determinação da ação do vento na edificação, em função das condições topográficas do local e dos obstáculos existentes no entorno e da velocidade característica do vento na região.

Em uma cobertura sobre uma edificação térrea, o cálculo das ações de vento será determinado principalmente pelo tipo de cobertura (formato e número de águas) e pela inclinação da cobertura. Para inclinações pequenas, como pode ser observado nas especificações da própria NBR 6123 (ABNT, 2013), o vento predominantemente ocorre na forma de sucção. Em áreas abertas, como varandas ou beirais, a ação sobre a cobertura deve ser somada à ação incidente nas paredes sob essa região, aumentando muito a ação localizada nesse ponto.

### **3. METODOLOGIA**

O objeto de pesquisa deste estudo se trata da estrutura metálica da cobertura na Unidade Operacional da Polícia Rodoviária Federal (PRF) em Bataguassu, localizada na BR 267, Km 18, CEP: 79780-000, ocorrido em abril de 2023.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia o colapso foi desencadeado por um evento climático que consistiu em chuva e ventos que atingiram uma velocidade de 59,4 km/h, resultando em danos significativos à infraestrutura. Na figura 1 abaixo, observa-se a estrutura metálica da cobertura da Unidade Operacional PRF antes do evento climático.

**Figura 01** – Cobertura original.

Fonte: Google Earth (2023).

O evento climático não impactou apenas severamente as estruturas metálicas da base da PRF, mas também provocou o destelhamento de residências na área circunvizinha. Além disso, a intensidade do vento ocasionou em queda de árvores e postes de eletricidade, culminando no corte do fornecimento de energia elétrica em parte da cidade. Nas Figura 2 e 3 pode-se observar a cobertura após o ocorrido.

Para avaliar o colapso da estrutura metálica da cobertura e os danos subsequentes, foi realizado nesta pesquisa um estudo de caso. A investigação buscou compreender as interações envolvidas na construção e manutenção de estruturas metálicas, identificar as causas específicas desse colapso e examinar como ele ocorreu durante as etapas de projeto, concepção e construção.

**Figura 02** – Vista área da estrutura colapsada.

Fonte: Autor (2023).

**Figura 03** – Vista área da estrutura colapsada.

Fonte: Autor (2023).

Para isso, será realizada a análise detalhada da documentação técnica relacionada à estrutura da cobertura, avaliação dos métodos de projeto utilizados, inspeções de campo para coleta de dados sobre o estado atual da estrutura e, por fim, a investigação de fatores agravantes que podem ter desencadeado o colapso.

Para a obtenção dos dados relativos ao desenvolvimento dessa pesquisa, também foram realizadas entrevistas com pessoas envolvidas no processo de execução da obra.

As medidas imediatas de recuperação e reparação dos danos serão fundamentadas nos resultados obtidos por meio desse estudo de caso, fornecendo subsídios cruciais para a mitigação de riscos futuros e o aprimoramento da resiliência estrutural diante de eventos climáticos adversos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização da Estrutura Existente

A estrutura que colapsou tinha uma área total de 234,18 m<sup>2</sup>, sendo a área sobre a laje equivalente a 154,25 m<sup>2</sup>. A edificação passou por reforma em 2009, reforma tal que contou com a substituição da cobertura até então em estrutura de madeira e telhas cerâmicas por uma estrutura metálica com telhas galvanizadas. Esta estrutura é a que veio a colapsar em 2023.

A cobertura existente possui duas águas, dentro da área total uma porção de 154,25 m<sup>2</sup> são apoiados sobre a laje de concreto armado com vigas invertidas e essa porção da cobertura é diretamente apoiada na estrutura da laje. Além disso uma outra porção de 30 m<sup>2</sup>, destinada a cobrir a varanda, possui vão livre de aproximadamente 4,3 metros, sustentados por elementos de treliças soldados na estrutura metálica

que está ancorada na laje. A ancoragem na laje foi realizada com pontaletes em perfil u e soldados diretamente a estrutura existente

## 4.2 Cobertura – Manutenção e Inspeção de Segurança

Lamentavelmente, a estrutura metálica em questão segundo apurado com inspetor da unidade não foi submetida a procedimentos regulares de manutenção desde o momento de sua construção até a ocorrência do incidente. Adicionalmente, é importante destacar a ausência de inspeções de segurança prévias ao colapso, o que suscita sérias inquietações acerca da integridade estrutural da edificação.

De acordo com Oliveira (2023), no dia do desastre, conforme apurado com a população local, testemunhos indicam a ocorrência de rajadas de vento e chuvas intensas. Ao considerar essas condições meteorológicas, torna-se mais evidente a probabilidade de sua influência no desencadeamento da tragédia.

A fragilidade da estrutura diante das condições adversas é predominantemente atribuída à ausência de inspeções preventivas e à negligência na manutenção regular

Essas observações levantam questões cruciais sobre a gestão da segurança e manutenção dessa estrutura específica, destacando a urgência de adotar práticas mais diligentes e sistemáticas.

Tais considerações suscitam reflexões cruciais sobre a gestão da segurança e manutenção dessa estrutura específica, lançando luz sobre a necessidade premente de práticas mais diligentes e sistemáticas para prevenir desdobramentos trágicos semelhantes no futuro.

## 4.3 Estrutura Colapsada

O colapso da estrutura se revelou como um evento de extrema complexidade, no qual observa-se os elementos estruturais como terças e treliças metálicas se manterem inteiras após o colapso indicando como ponto crítico os pontos de ancoragem sobre a laje. A figura 4 mostra vigas e treliças mantendo sua forma estrutural, aparentemente sem falha de estabilidade local dos componentes estruturais, reforçando um colapso devido a deficiências nos pontos de ancoragem.

**Figura 04** – Estrutura preservada após o impacto.



Fonte: Autor (2023).

Uma análise detalhada da Figura 05 revela o método intrincado de ancoragem empregado: um vergalhão soldado ao perfil metálico do pontalete e sua subsequente ligação, provavelmente por solda, direta à ferragem da viga invertida da laje na estrutura. Essa imagem fornece informações importantes sobre os elementos que desempenharam um papel determinante no colapso. Notavelmente, a presença do vergalhão exposto após a ruptura, com o pontalete intacto, emerge como um ponto focal na compreensão das causas fundamentais do incidente.

A análise desses detalhes técnicos contribui significativamente para nossa compreensão do colapso, permitindo considerações mais aprofundadas sobre possíveis falhas de projeto ou execução que podem ter ocorrido.

**Figura 05** – Ponto de ancoragem.



Fonte: Autor (2023).

Ao focar o ponto de colapso, observa-se um ponto de ancoragem específico que cedeu sobre a laje. Essa ancoragem foi executada por meio de uma cantoneira soldada à ferragem da estrutura da laje, conectada ao perfil metálico da cobertura (Figura 06).

**Figura 06** – Estrutura treliçada.

Fonte: Autor (2023).

Os pontaletes metálicos no vão da cobertura, todos soldados na ferragem da viga invertida, tornam-se visíveis, evidenciando a interconexão estrutural presente (Figura 07).

**Figura 07** – Pontaletes metálicos.

Fonte: Autor (2023).

Dedicando atenção à varanda, é possível identificar pontos críticos, especialmente devido ao balanço. A imagem destaca os três pontos de ancoragem mais distantes na laje, todos os quais sucumbiram sob as cargas de vento enfrentadas na área da varanda (Figura 08).

**Figura 08** – Pontos de ancoragem.

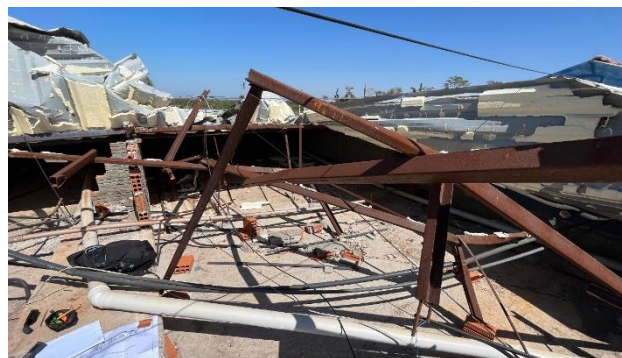
Fonte: Arquivos do autor, 2023.

O vão em balanço, de 4,3 metros de comprimento, destaca a vulnerabilidade estrutural nessa região específica (Figura 09).

**Figura 09** – Ponto de ancoragem.

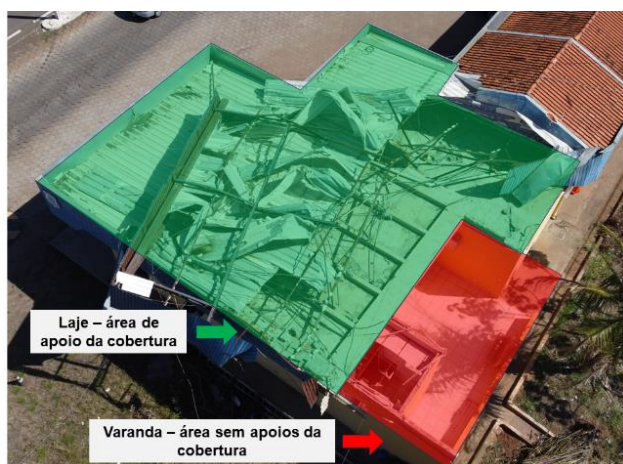
Fonte: Autor (2023).

Uma observação mais detalhada da estrutura colapsada revela elementos torcidos e deformados, ressaltando a magnitude do colapso (Figura 10).

**Figura 10** – Elementos torcidos.

Fonte: Autor (2023).

A análise da imagem destaca a área sob a forma de concreto, evidenciando a ausência de apoios correspondentes à varanda e, assim, ampliando a compreensão das causas técnicas subjacentes ao desastre. Essa abordagem mais abrangente permite uma análise mais profunda das complexas interações estruturais que foram desenvolvidas para o colapso.

**Figura 11 – Laje e varanda.**

Fonte: Autor (2023).

#### 4.4 Nova estrutura

A nova cobertura possui área de 256,20 m<sup>2</sup> (Figura 12). A cobertura de duas águas é constituída por treliças que cobrem o vão total da cobertura, incluindo duas regiões sem laje de concreto..

Fonte: Autor (2023).



Fonte: Autor (2023).

As vigas principais treliçadas, unidas por tirantes inferiores, formam uma estrutura mais travada, sustentando a cobertura termoacústica de telhas galvanizadas. A ancoragem na laje de concreto existente é realizada por meio de parafusos de 1/2 polegadas, parafusados para garantir a estabilidade da estrutura, como mostram as figuras 13 e 14.

**Figura 13 – Ancoragem sobre laje**

Fonte: Autor (2023).

**Figura 14 – Ancoragem sobre laje.**

Fonte: Autor (2023).

Nas áreas onde a laje está ausente, um sistema de treliças e colunas é empregado para suportar o balanço da cobertura, garantindo uniformidade e integridade estrutural, como mostram as figuras 15 e 16.

A presença da treliça de extremidade na estrutura de cobertura é um elemento-chave para a eficiência estrutural. Esses elementos, desenhados de maneira estratégica, conferem à cobertura uma maior capacidade resistente, pois elimina o balanço excessivo anteriormente existente, que poderia comprometer a estabilidade da estrutura.

**Figura 15** – Trelças da varanda.

. Fonte: Autor (2023).

**Figura 16** – Trelças.

Fonte: Autor (2023).

A etapa seguinte envolve o cuidadoso processo de instalação das trelças e terças metálicas. A fixação meticulosa das telhas galvanizadas completa a estrutura, promovendo durabilidade e resistência às intempéries.

Na extremidade onde a cobertura apresentou um ponto crítico, foi proposta, para a ligação com a fundação, pilares soldados em chapa fixadas em blocos de fundações de concreto sobre estacas de 3 metros de profundidade (Figuras 17 e 18). Essa escolha estratégica visa garantir uma base robusta e estável para transferir as cargas provenientes da cobertura. O uso de estacas devidamente projetadas evidencia o compromisso com a segurança estrutural e a prevenção de afundamentos ou instabilidades.

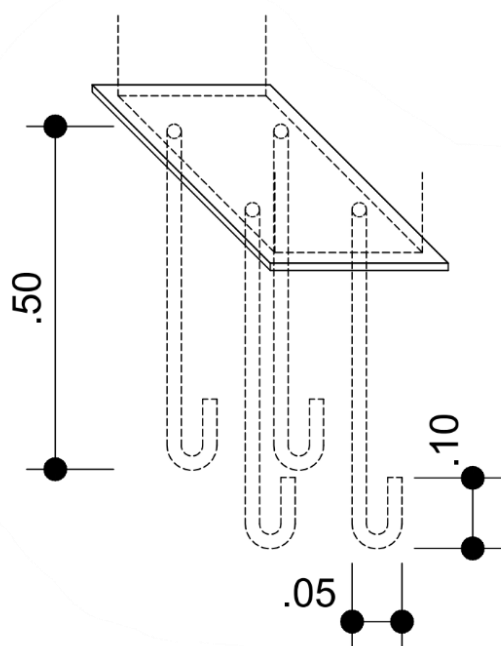
**Figura 17** – Fundação de blocos de concreto.

Fonte: Autor (2023).

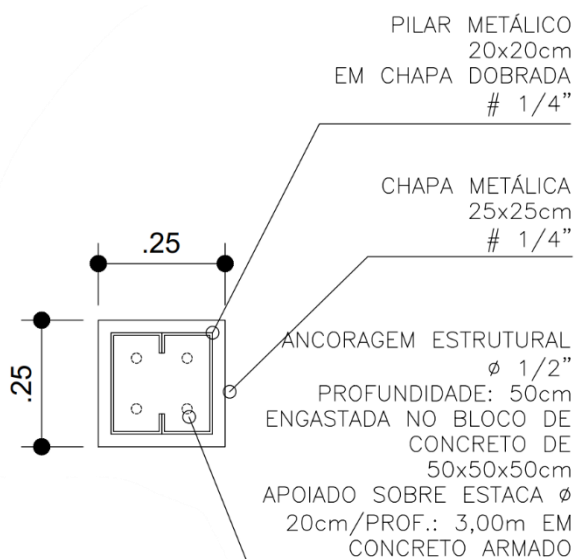
**Figura 18** – Soldagem dos pilares nos blocos de concreto.

Fonte: Autor (2023).

Após a implementação das fundações, o processo avançou com a instalação da chapa por meio de chumbadores, conforme detalhamento mostrado na figura 19. A seguir foi realizada a solda dos perfis dos pilares na chapa, conforme mostra a figura 20. O bom detalhamento e adequada execução dos chumbadores dos pilares metálicos no bloco de concreto de fundação revelam uma abordagem cuidadosa na união desses elementos essenciais. A precisão na execução do chumbamento é fundamental para garantir uma conexão firme e rigorosa.

**Figura 19** – Chumbador dos pilares metálicos.

Fonte: Autor (2023).

**Figura 20** – Detalhes do projeto dos pilares metálicos.

Fonte: Autor (2023).

das treliças metálicas resulta em uma cobertura que não atende apenas a critérios estéticos, mas também se destaca pela sua eficiência e segurança estrutural.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo detalhado do acidente com a estrutura metálica da cobertura na Unidade Operacional da Polícia Rodoviária Federal (PRF) em Bataguassu, ocorrido em abril de 2023, revelou complicações estruturais e fatores preponderantes que se desenvolveram para o incidente.

Os resultados da análise da estrutura existente destacaram a falta de procedimentos regulares de manutenção desde a sua construção, bem como a ausência de inspeções de segurança prévias ao colapso. A negligência desses aspectos emerge como um fator técnico preponderante para a fragilidade da estrutura diante das condições climáticas adversárias.

Uma análise da estrutura colapsada evidenciou elementos estruturais que mantiveram sua forma aparentemente inalterada, enquanto pontos críticos de ancoragem falharam, resultando no colapso. A falta de apoios na área da varanda e a presença de balanços excessivos foram identificadas como áreas de vulnerabilidade significativa.

A proposta de uma nova estrutura focou na introdução de treliças como elementos-chave para a eficiência estrutural, eliminando balanços excessivos e promoção da estabilidade. A utilização de fundações sólidas e chumbamento eficiente dos pilares metálicos foi uma solução técnica para garantir a segurança estrutural e para a prevenção de futuros incidentes.

Em resumo, os resultados deste estudo de caso oferecem subsídios para aprimorar as práticas de segurança na indústria de construção de estruturas metálicas. Ficou evidente que a manutenção regular, as inspeções de segurança e a implementação de projetos robustos e bem detalhados desempenham papéis cruciais na prevenção de problemas semelhantes no futuro. Além disso, a pesquisa destaca a importância de abordagens mais cuidadosas e organizadas na gestão da segurança e manutenção de estruturas metálicas, buscando ajustes para garantir a integridade estrutural mesmo em condições adversárias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Hugo Henrique Silva et al. Análise Da Influência do Vento na Estrutura Metálica e na Estrutura de Concreto Armado. Caderno de

A combinação entre as fundações sólidas, o chumbamento eficiente dos pilares e o uso inteligente

Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 7, n. 3, p. 51-51, 2022.

coberturas-e-deixa-cidade-sem-luz. Acesso em: 01 de Nov. de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6123**: forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8681**: ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. 2008.

CARREIRO, António Luís Fonseca et al. Análise exigencial comparada de soluções de coberturas leves de armazéns e edifícios industriais. 2011.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. Revista eletrônica de ciências, São Paulo, p. 1-16, 6 mar. 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/0e354bd2-834d-460b-8cbe-e5d2d120ee66/content>. Acesso em: 12 de Nov. de 2023

FLACH, Rafael Schneider. Estruturas para telhados: análise técnica de soluções. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia, 2012.

MARCELLI, Maurice. Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. 1ª. ed. São Paulo: Pini, 2007.

NUNES, P. E .V. Ação do vento em coberturas metálicas - Modelação de uma estrutura do tipo “sombreador”. Dissertação de Mestrado, FCT - UNL, 2008.

OLIVEIRA, Douglas Henrique; SOARES, Renato Alberto Brandão; SANTOS, Victor Hugo Diniz. Comparação entre as vantagens da utilização de estrutura metálica e estrutura de concreto armado./Comparison between the advantages of using metallic structure and reinforced concrete structure. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 17783-17793, 2020.

OLIVEIRA, Viviane. Temporal com ventos de 59 km/h destrói coberturas e deixa cidade sem luz. Campo Grande News. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/cidades/interior/temporal-com-ventos-de-59-km-h-destrói->