

**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUVERAVA**  
**FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS E LETRAS DE ITUVERAVA**

**Ederson de Moraes Rissatto**

**Felipe de Souza Lima**

**Rafael Bonetti Carvalho**

**ANALISE DA ESTRUTURA DE COBERTURA EXISTENTE EM UM GALPÃO**  
**PARA CARGAS DE PLACAS FOTOVOLTAICAS**

**ITUVERAVA**

**2021**



**EDERSON DE MORAIS RISSATTO  
FELIPE DE SOUZA LIMA  
RAFAEL BONETTI CARVALHO**

**ANALISE DA ESTRUTURA DE COBERTURA EXISTENTE EM UM GALPÃO  
PARA CARGAS DE PLACAS FOTOVOLTAICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ituverava. Fundação Educacional de Ituverava, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Letícia Ane Suzuki  
Nociti Dezem

**ITUVERAVA  
2021**

**EDERSON DE MORAIS RISSATTO  
FELIPE DE SOUZA LIMA  
RAFAEL BONETTI CARVALHO**

**ANALISE DA ESTRUTURA DE COBERTURA EXISTENTE EM UM GALPÃO  
PARA CARGAS DE PLACAS FOTOVOLTAICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Filosofia Ciências e Letras.  
Fundação Educacional de Ituverava, para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Mecânica.

Ituverava, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_\_.

**Orientador(a):** \_\_\_\_\_

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Leticia Ane Suzuki Nociti Dezem**

**Examinador(a):** \_\_\_\_\_

**Prof. Me. Nelson Luiz Fernandes Bravo**

**Examinador(a):** \_\_\_\_\_

**Prof. Pablo Meneguini Bueno**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os meus familiares e amigos que me apoiaram e me incentivaram a realizar este sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, ele esteve comigo em cada jornada de minha vida e me proporcionou a oportunidade de estar vivo e com saúde.

Agradeço minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Leticia Ane Suzuki Nociti Dezem por sua orientação e pelo tempo dedicado a nos ajudar e por fazer parte deste trabalho.

A minha família por acreditar em meus sonhos e me apoiar em momentos tão difíceis que foram estes últimos anos.

Agradeço meus amigos por me incentivarem e estarem ao meu lado durante todo o processo do meu ensino superior.

A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

- Albert Einstein

## **ANALISE DA ESTRUTURA DE COBERTURA EXISTENTE EM UM GALPÃO PARA CARGAS DE PLACAS FOTOVOLTAICAS**

**RISSATTO**, Ederson de Moraes <sup>1</sup>

**LIMA**, Felipe de Souza <sup>2</sup>

**CARVALHO**, Rafael Bonetti <sup>3</sup>

**DEZEM**, Letícia Ane Suzuki Nociti <sup>4</sup>

**RESUMO:** A energia solar é uma energia alternativa, sustentável e renovável, que utiliza a luz solar como fonte de energia e pode ser aproveitada e utilizada por diferentes tecnologias, como aquecimento solar, energia solar fotovoltaica e energia heliotérmica. É comumente associada à energia fotovoltaica, que é a geração de energia elétrica usando a luz do sol como fonte de energia. O objetivo do presente trabalho foi analisar a estrutura de cobertura existente em um galpão para receber o acréscimo de cargas das placas fotovoltaicas. A metodologia da pesquisa foi exploratória-descritiva, com abordagem qualitativa e quantitativa, uma vez que foram analisadas as condições da edificação e posteriormente calculada a possibilidade de a estrutura receber as placas fotovoltaicas. Após a realização da revisão bibliográfica, foi realizada uma pesquisa de campo, cálculos e realização do laudo técnico. Na análise das tensões verificou-se que os banzos superiores não estão de acordo com as resistências de projetos indicadas pela norma e que para ser possível a colocação das placas são necessários reforços pontuais nos banzos superiores. Concluiu-se que todas as condições de cálculo são favoráveis para o uso de placas fotovoltaica, após a aplicação dos reforços.

**Palavras-chave:** Resistência. Energia Solar. Reforço.

**SUMMARY:** Solar energy is an alternative, sustainable and renewable energy that uses sunlight as an energy source and can be harnessed and used by different technologies, such as solar heating, photovoltaic solar energy and heliothermal energy. It is commonly associated with photovoltaic energy, with is the generation of electrical energy using sunlight as an energy source. The objective of this work was to analyze the existing roof structure in a shed to receive the addition of loads from photovoltaic plates. The research methodology was exploratory descriptive, with a qualitative and quantitative approach, since the conditions of the building were analyzed and the possibility of the structure receiving the photovoltaic panels was subsequently calculated. After performing the literature review, a field research, calculations and technical report were carried out. In the analysis of the tensions, it was verified that the upper chords are not in agreement with the design resistances indicated by the standard and that, to be possible the placement of the plates, specific reinforcements in the upper chords are necessary. It was concluded that all calculation conditions are favorable for the use of photovoltaic panels, after the application of reinforcements.

### **1. INTRODUÇÃO**

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica da FFCL/FE

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica da FFCL/FE

<sup>3</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica da FFCL/FE

<sup>4</sup> Orientador – Docente Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ituverava/Fundação Educacional de Ituverava – FFCL/FE



O mercado de energia solar no Brasil corresponde a 1,7% de toda a matriz energética brasileira, alcançando a geração de 3 GW no mês de outubro de 2020, de acordo com a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e a ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica) (PORTAL SOLAR, 2021).

Em outubro de 2020, o Brasil bateu 7 GW de potência instalada no setor, sendo mais de 4 GW correspondentes à porcentagem de 99,9% de toda micro e minigeração distribuída em residências, comércios, indústrias e propriedades rurais. Estima-se que até 2024 o Brasil contará com mais de 880 mil sistemas de energia solar instalados ao longo do território nacional (PORTAL SOLAR, 2021).

As células podem ser fabricadas com diferentes materiais e mais comuns disponíveis comercialmente são constituídas de silício monocristalino, policristalino ou amorfo (GAZOLI, 2013).

Seguidor solar ou tracker é um dispositivo que altera várias vezes a posição dos painéis fotovoltaicos durante o dia, seguindo o caminho do sol para aumentar a produção de energia solar do sistema fotovoltaico. A utilização dos mesmos é cada vez mais comum em usinas fotovoltaicas em outros países, uma vez que a indústria solar tem provado os grandes benefícios que eles têm. (ANTONI; PEREIRA, 2014).

Sistemas de rastreamento solares são superiores em capacidade de gerar energia, com investimentos menores devido a um número menor de placas fotovoltaicas em sistemas de rastreio se comparado com sistemas fixos (LEMOS; RAMOS, 2020).

Para a avaliação de estruturas é necessário um laudo técnico. O laudo técnico é um documento onde o profissional, seja ele engenheiro ou arquiteto, avalia, descreve minuciosamente o que está sendo observado e apresenta suas conclusões sobre o objeto analisado (FIKER, 2019). Existem diversos tipos de laudos como por exemplo laudo técnico de inspeção predial, laudo técnico de auditoria em edificações, laudo técnico de perícia em edificações (ABNT, 2020).

Barbosa (2018) realizou um estudo de caso, em duas casas no município de Palmas contendo dois sistemas de placas fotovoltaicas instaladas, com diferentes posicionamentos uma em relação a outra. O autor concluiu que o sistema pode estar alocado sobre uma laje ou sobre o próprio telhado, permitindo que o projetista desenvolva o trabalho com menos restrições.

Para Nichele; Santos (2020), diferente do autor acima, a estrutura da construção arquitetônica pode sim influenciar de forma negativa o desempenho da geração de energia das placas solares e, tal influência pode ser evitada durante a fase de decisão projetual.

Para alcançar melhor performance e eficiência de placas fotovoltaicas é necessário considerar diferentes parâmetros como um sistema combinado de inclinação e resfriamento. Assim, para uma estrutura metálica móvel, afastada a 1 metro do chão e instalada sobre um gramado, um sistema de resfriamento contínuo com água com inclinação de 28° é mais eficiente na redução da temperatura das placas e conseqüentemente, no aumento do rendimento e eficiência (JURINIC, 2020).

Café; Pinheiro (2020) apresentaram um estudo hipotético sobre a instalação e implementação do sistema fotovoltaico e a sua viabilidade técnica e econômica, comparada com o atual consumo de energia elétrica (sistema hidrelétrico), e concluíram que incentivar a expansão da micro geração de energia, em especial da geração solar, é uma evolução. A consolidação da tecnologia fotovoltaica será um novo caminho para a preservação e geração de energia limpa.

As estruturas metálicas possuem diversas vantagens quando comparadas a outros tipos de estruturas, pois possuem maior resistência mecânica; maior área útil, uma vez que os elementos estruturais como pilares e vigas são mais esbeltos se comparados com os de concreto armado (PINHEIRO, 2005).

O objetivo do presente trabalho foi analisar a estrutura de cobertura existente em um galpão para receber o acréscimo de cargas das placas fotovoltaicas.

## **2. METODOLOGIA**

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória-descritiva, com abordagem qualitativa e quantitativa, uma vez que foram analisadas as condições da

edificação e posteriormente calculada a possibilidade da estrutura receber as placas fotovoltaicas.

## 2.1 Etapas da Pesquisa

### 2.1.1 Pesquisa Bibliográfica

A revisão bibliográfica foi realizada a partir de artigos científicos, livros e normas, e monografias e dissertações, no período de fevereiro a outubro de 2021.

### 2.1.2 Caracterização do Objeto de Estudo

O presente trabalho é um laudo para avaliação da estrutura de um galpão (Figura 1). O galpão está situado na unidade da LongPing em Cravinhos, SP.

**Figura 1.** Foto via satélite da localização do galpão.



**Fonte:** Dos autores (2021).

### 2.1.3 Pesquisa de Campo

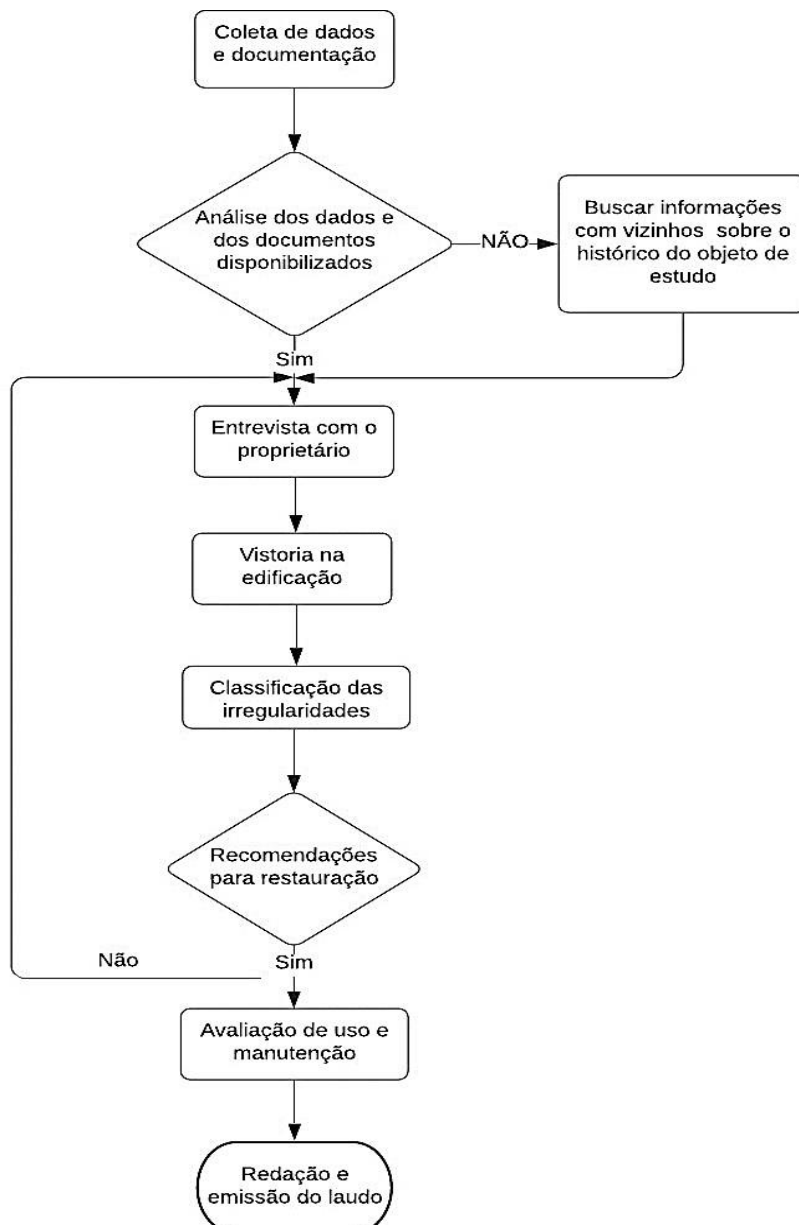
Esta etapa iniciou-se com uma visita “*in loco*”, onde foram solicitados documentos pertinentes ao objeto de estudo (memorial descritivo de serviço, projeto arquitetônico e projeto estrutural). Em seguida foi realizada uma inspeção visual com um levantamento fotográfico da estrutura com o auxílio de escadas e cinto de segurança a fim de identificar possíveis patologias em toda a estrutura. Posteriormente, foi feita uma entrevista com o proprietário do imóvel com a finalidade de obter as informações necessárias (responsáveis

técnicos, projetos arquitetônicos e estruturais) a respeito do processo construtivo da estrutura metálica.

#### 2.1.4 Laudo Técnico

Para elaboração do laudo técnico foi necessário seguir uma série de etapas de inspeção predial (Figura 1).

**Figura1.** Fluxograma das etapas que foram seguidas para elaboração do laudo técnico.



**Fonte:** Adaptada da ABNT (2020).

#### 2.1.5 Avaliação e Tratamento dos Dados

Os dados coletados durante a inspeção foram utilizados juntamente com os dados

fornecidos sobre a estrutura, desde a sua construção até o dia da vistoria, sendo analisado se a estrutura foi feita de acordo com os projetos e demais documentações. Após esta etapa foram feitas as recomendações necessárias cuja finalidade foi restaurar e promover um melhor desempenho da estrutura prolongando assim a vida útil da mesma. Em seguida, as recomendações técnicas a serem adotadas para correção das anomalias e falhas foram organizadas de acordo com os patamares de urgência.

Quanto à avaliação do estado de manutenção e das condições de uso da estrutura metálica foram averiguadas as condições fornecidas em projeto e se de fato foi construído de acordo com os dados coletados. Posteriormente foi realizada a avaliação do uso da estrutura metálica para que fosse possível classificar o seu uso em regular ou irregular. Após todas essas etapas, os dados foram redigidos em um laudo técnico de inspeção.

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações foram definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação:

$$\sum_{i=1} \gamma_G G_{ki} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes de combinação

$$\sum_{i=1} \gamma_G G_{ki} + \gamma_P P_k + \sum_{i=1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Onde:

$G_k$  Ação permanente

$P_k$  Ação de pré-esforço

$Q_k$  Ação variável

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento

$\psi_{p,1}$  Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

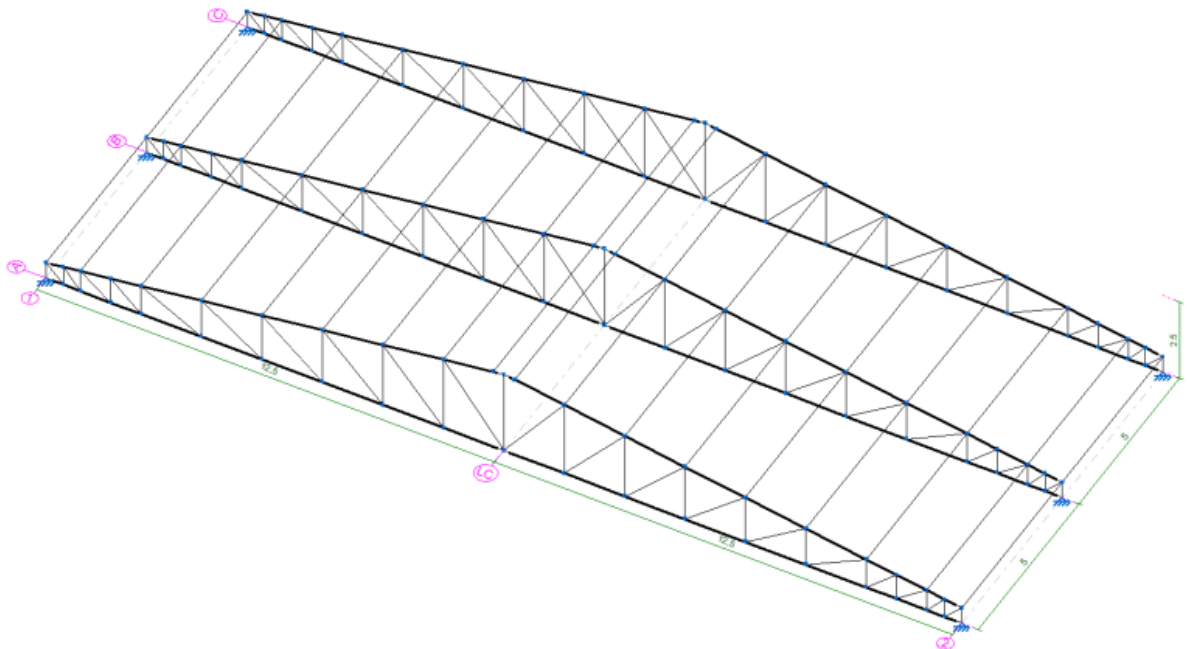
### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A estrutura metálica treliçada é composta por: Banzos em perfil cartola 140x60x20, espessura 2,00mm; Montantes em perfil duplo L 1.1/2"x3/16" em formato de U, com travamentos a cada 500mm, no máximo; Diagonais em perfil U 70x50, espessura 2,00mm; Terças em perfil U150x50x25, espessura 2,00mm.

A inclinação da cobertura é igual a 8,7 graus e espaçamentos entre terças de 1,65m. A estrutura é apoiada sobre pilares de concreto nas extremidades; e, vãos entre treliças iguais a 5,00m.

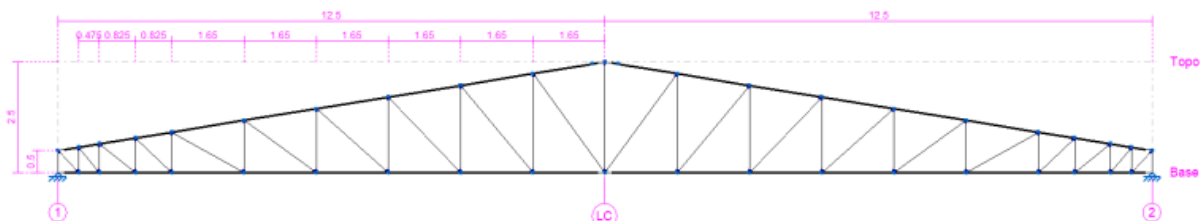
Nas figuras 1 e 2 é possível verificar as vistas unifilar, 3D e vista lateral.

**Figura 1.** Vista da estrutura metálica em 3D do galpão na LONGPING HIGH-TECH, Cravinhos, SP, 2021



**Fonte:** Dos autores (2021).

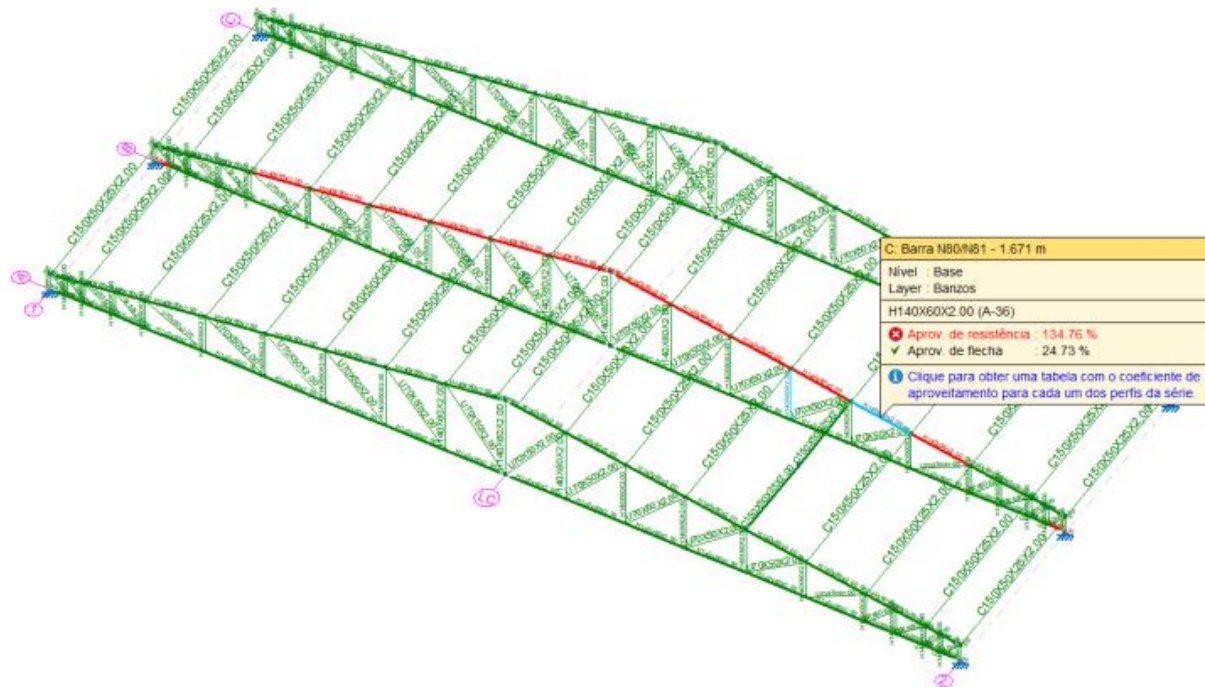
**Figura 2.** Vista lateral da estrutura metálica do galpão na LONGPING HIGH-TECH, Cravinhos, SP, 2021.



**Fonte:** Dos autores (2021).

Na análise das tensões verificou-se que os banzos superiores não estão de acordo com as resistências de projetos indicadas pela norma (Figura 3).

**Figura 3.** Verificação se os banzos superiores estavam de acordo com as resistências de projetos. LONGPING HIGH-TECH, Cravinhos, SP, 2021.

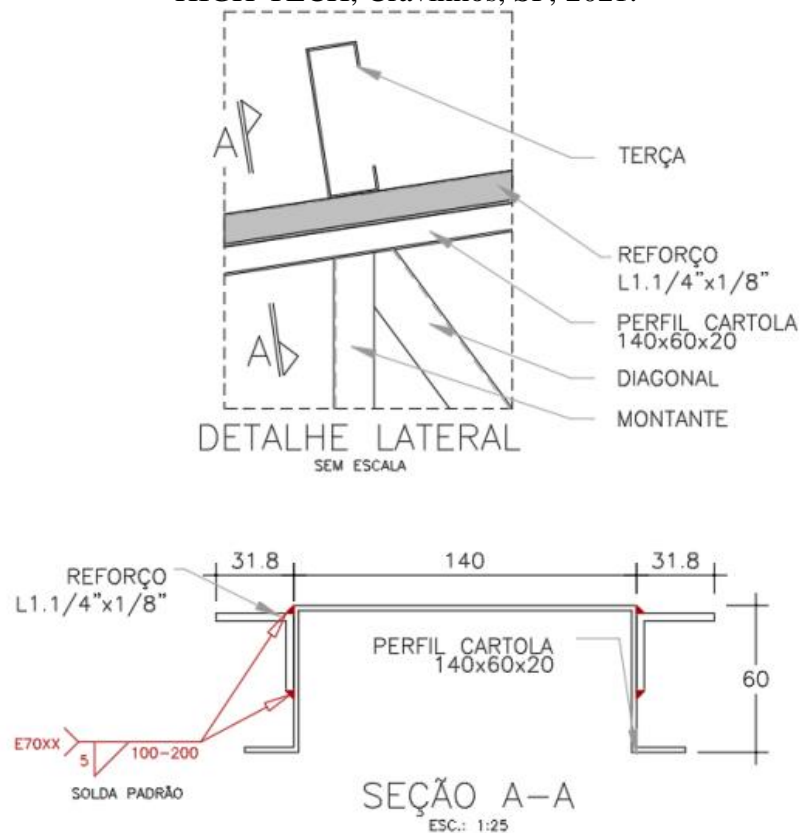


**Fonte:** Dos autores (2021).

Atualmente, a área efetiva é igual a  $5,06 \text{ cm}^2$  sendo necessário um aumento da área na ordem de uma vez e meia (1,50), totalizando  $7,59 \text{ cm}^2$ . Para isso adota-se duas cantoneiras de  $1.1/4'' \times 1/8''$ , com área efetiva igual a  $1,93 \text{ cm}^2$  cada uma. Totalizando, assim, uma área efetiva igual a  $8,92 \text{ cm}^2$  ao final do reforço. Esses dados corroboram com Freitas (2021). Que verificou um acréscimo entre 14 a 21% no deslocamento das estruturas, após a aplicação da carga dos painéis solares. De acordo com a autora, do ponto de vista estrutural a geometria da treliça, a área dos perfis influencia no deslocamento da estrutura. Além disso, a aplicação do peso das placas solares, em estruturas mal executadas e/ou projetadas, pode ocasionar deslocamentos acima dos permitidos ou até mesmo o próprio colapso da estrutura.

Diante dos resultados apresentados, há necessidade de reforços pontuais nos banzos superiores (Figura 4).

**Figura 4.** Ilustração da necessidade de reforços pontuais nos banzos superiores. LONGPING HIGH-TECH, Cravinhos, SP, 2021.



**Fonte:** Dos autores (2021).

Os resultados apontam a importância da inspeção e do laudo técnico, o que corrobora com Silva (2020), que afirma que verificou uma estrutura de acordo com projetos, identificou e classificou as anomalias presentes e afirmou ser importante a inspeção e a emissão do laudo de uma estrutura, pois dessa maneira é possível promover e prolongar a vida útil da mesma.

#### 4. CONCLUSÃO

É possível concluir que todas as condições de cálculo são favoráveis para o uso de placas fotovoltaica, após a aplicação dos reforços.



## REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747**: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ANTONI, S. A., PEREIRA, H. A. Análise de um seguidor solar unidirecional em um dia parcialmente nublado. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar., **Anais do CBENS**, Recife, 2014.

BARBOSA, M.A.C. **Análise do desempenho de placas fotovoltaicas e o seu impacto na edificação: um estudo em Palmas-TO**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas, TO, 2018.

CAFÉ, L.S.; PINHEIRO, J.G.L. Estudo da implementação de um sistema de energia solar fotovoltaico em uma residência unifamiliar. **Episteme Transversalis**, v. 11, n. 3, 2021.

FIKER, J. **Manual de redação de laudos: avaliação de imóveis**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

GAZOLI, J. R. Energia Renováveis Alternativas. **O Setor Elétrico**, 2013.

JURINIC, F. 2020. 96f. **Estudo para melhoria na performance e eficiência de placas fotovoltaicas: através de um sistema combinado de inclinação e resfriamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Fronteira do Sul, 2020.

NICHELE, A.C.B.; SANTOS, G.M. Importância da Avaliação do Projeto Arquitetônico para o uso do Sistema Fotovoltaico. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2020.

PINHEIRO, A.C. da F.B. **ESTRUTURAS METÁLICAS**: cálculos, detalhes, exercícios e projetos. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.

PORTAL SOLAR, 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html> Acesso em: 25 de novembro de 2021.

FREITAS, R.M.L. **Análise do Estado Limite de Serviço (ELS) em treliças planas para a instalação de sistemas fotovoltaicos em galpões metálicos**. 2021. 49p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

SILVA, F.S. da. **Avaliação da Implantação de uma Estrutura Metálica como Suporte para Placas Fotovoltaica**. 2020. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil, da Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2020.