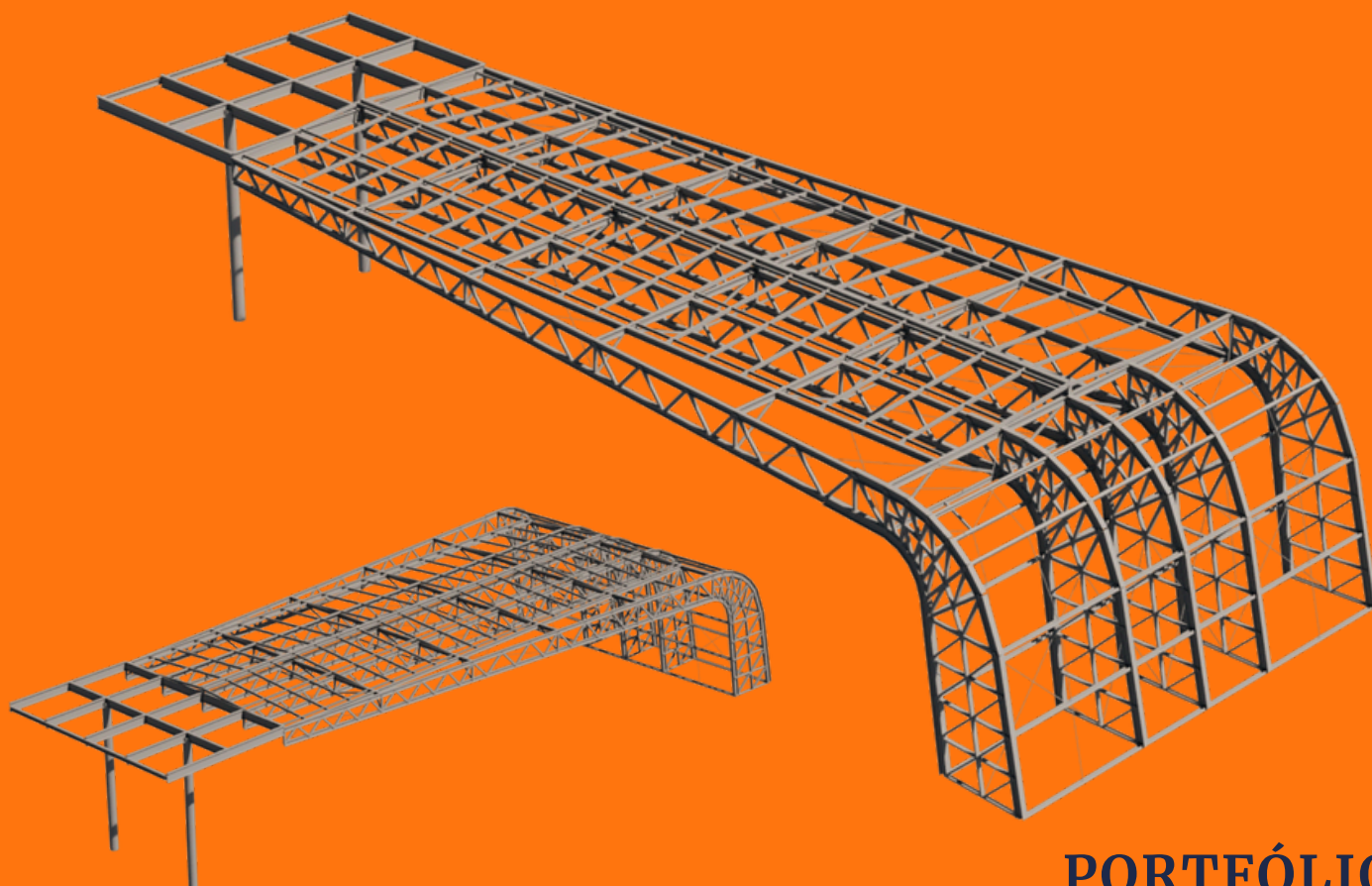




Küster & Sartorti

ENGENHARIA ESTRUTURAL



**PORTFÓLIO
METÁLICAS**

contato@kustersartorti.com.br
www.kustersartorti.com.br





APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Visão:

Ser uma empresa reconhecida por oferecer soluções técnicas de alta qualidade.

Missão:

Aplicar conhecimentos técnicos acerca de análise de estruturas, estruturas de concreto armado e protendido, estruturas metálicas, contribuindo para a concepção de edificações seguras e sustentáveis.

Valores:

Excelência – Transparência –
Honestidade – Satisfação dos
clientes

História:

Fundada a partir da junção da experiência prática e acadêmica dos seus sócios.

A Küster & Sartorti LTDA é uma empresa especializada em estruturas de concreto armado, concreto protendido e estruturas metálicas, que atua no desenvolvimento de projetos, perícias, laudos, reforços e consultoria técnica.



Küster & Sartorti
ENGENHARIA ESTRUTURAL

PORTFÓLIO

ÍNDICE

- Apresentação da empresa
- Filosofia
- Equipe técnica
- Tipos de serviços
- Sistemas estruturais
- Principais elementos curriculares de estruturas metálicas
 - Portaria de condomínio residencial
 - Coberturas
 - Passarela
 - Reforços de coberturas

- CNPJ: 36.295.755/0001-08
- Telefones: (19) 9 7117-8877 / (19) 9 8330-2425
- www.kustersartorti.com.br



ARTUR LENZ SARTORTI

- **Engenheiro Civil** pelo Centro Universitário Adventista de São Paulo - UNASP (2005)
- **Mestre em Engenharia Civil (Estruturas)** pela Universidade Estadual de Campinas (2008)
- **Doutor em Ciências, Programa de Engenharia Civil (Estruturas)** na Escola de Engenharia de São Carlos - USP (2015)
- Professor de estruturas do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP)
- Foi coordenador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP) entre 2019 e 2023
- Foi coordenador da pós-graduação de Projeto de Estruturas de Concreto no UNASP nos anos de 2017 e 2018
- Trabalhou como engenheiro de estruturas na ILTRUK Projetos & Consultoria Técnica - Comercial LTDA
- Autor do livro **Projeto e execução de lajes treliçadas**
- <http://lattes.cnpq.br/4917491051827231>
- Celular: (19) 9 8330-2425



LEANDRO DIAS KÜSTER

- **Engenheiro Civil** pelo Centro Universitário Adventista de São Paulo - UNASP (2010)
- **Mestre em Estruturas e Construção Civil** pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR (2015)
- **Doutor em Estruturas e Construção Civil** pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR (2021)
- Professor de estruturas do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP)
- Foi coordenador das pós-graduações latu senso de estruturas no UNASP:
- Projeto de estruturas de concreto - 2020 - 2023
- Recuperação e reforço de estruturas de concreto - 2020 - 2023
- Projeto de estruturas metálicas e mistas 2021 - 2023
- Trabalhou como engenheiro de estruturas nos seguintes escritórios:
- ILTRUK Projetos & Consultoria Técnica - Comercial LTDA
- VERTIKO Engenharia Estrutural
- ENCKÜSTER Projetos & Serviços LTDA
- Autor do livro **Projeto e execução de lajes treliçadas**
- <http://lattes.cnpq.br/0718993595233743>
- Celular: (19) 9 7117-8877



TIPOS DE SERVIÇOS

Edifícios
Residenciais



16

Edifícios
Comerciais



19

Hospitais



4

Indústrias



22

Escolas



11

Templos



7

Laudos, ATPs
e Reforços



183

Consultorias



+ de 6.000 h

OAE's



31

NOTA: Muitos dos serviços aqui apresentados foram desenvolvidos pelos sócios antes da fundação da Küster & Sartorti, em sua maioria nas empresas listadas no currículo reduzido

SISTEMAS ESTRUTURAIS

Laje lisa protendida

10

Laje lisa com cuba plástica

14

Laje lisa de concreto armado

1

Laje lisa treliçada

12

Laje maciça convencional

35

Laje treliçada convencional

45

Piso industrial

7

Estrutura metálica

81

Parede de Concreto

2

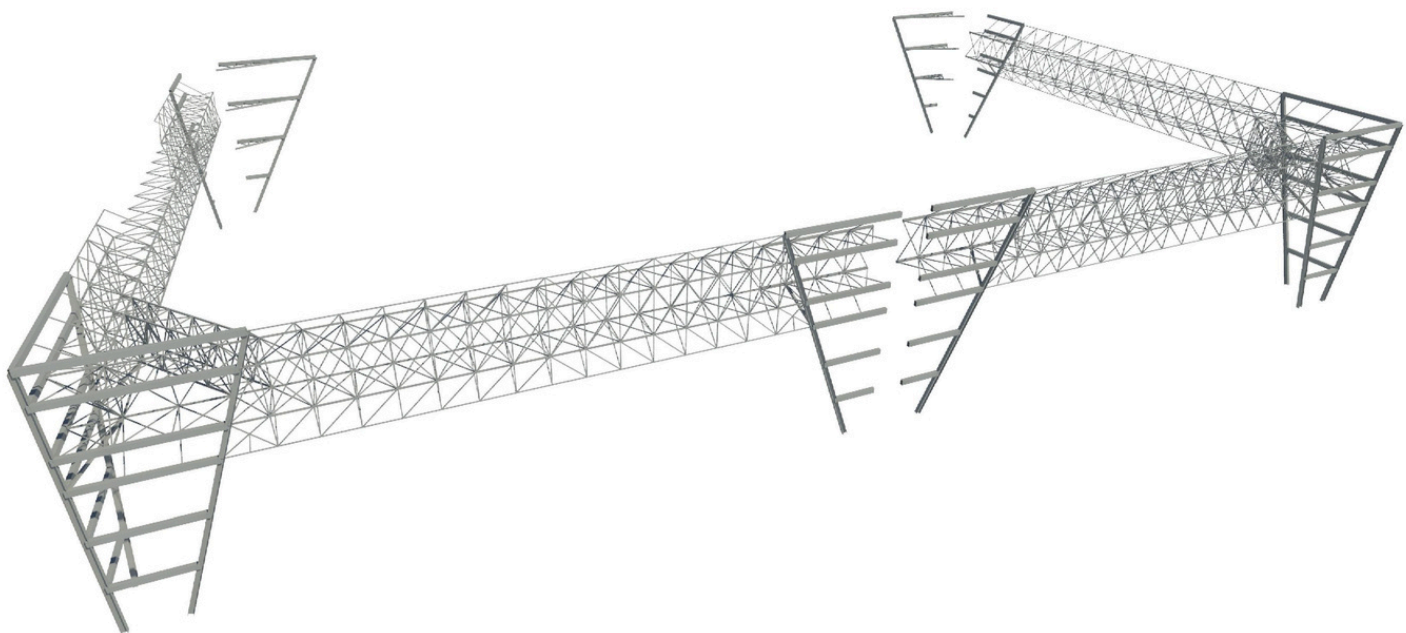


ESTRUTURA METÁLICA

Hospital Veterinário Unasp

ENGENHEIRO COELHO - SP

- **Altura:**
10,75 m
- **Dimensão:**
32,4 x 61 m



A nova fachada do hospital veterinário, além de contar com vãos na ordem de 30 m, exigiu que os elementos estruturais se adequassem em conformidades não convencionais

ESTRUTURA METÁLICA

Portaria de condomínio residencial

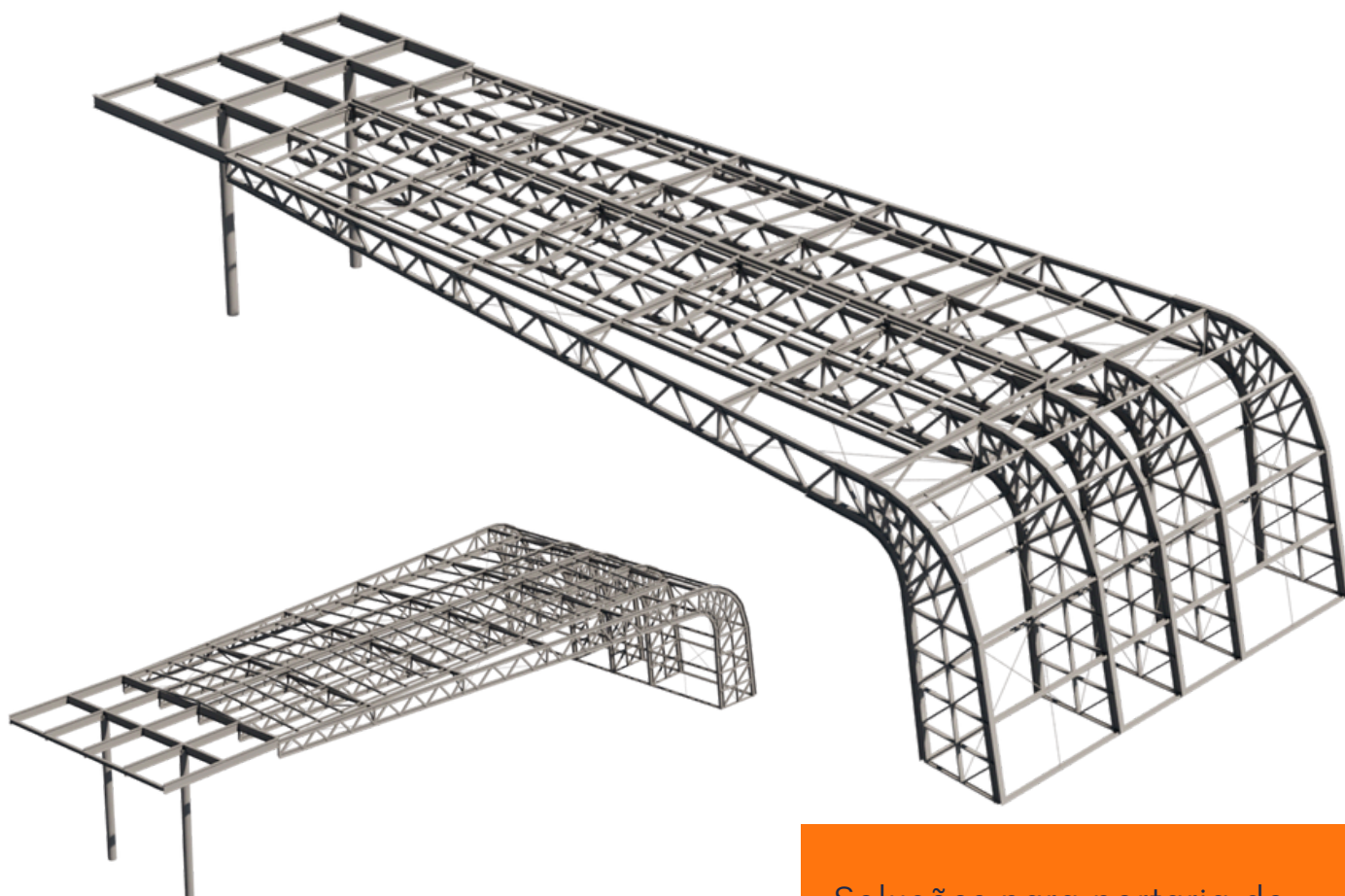
PIRACICABA - SP

- **Dimensão:**

287 m²

- **Vão:**

25,3 m



Soluções para portaria de maneira a se adequar com a arquitetura, proporcionando aparente leveza na estrutura

ESTRUTURA METÁLICA

ASSOCIAÇÃO

NOVO HAMBURGO - RS

- **Dimensão:**
921 m²



Edificação com balanço de 6 metros, com apoios embutidos no concreto

Hospital AME

AVARÉ - SP



Soluções completas para coberturas, vigas e pilares

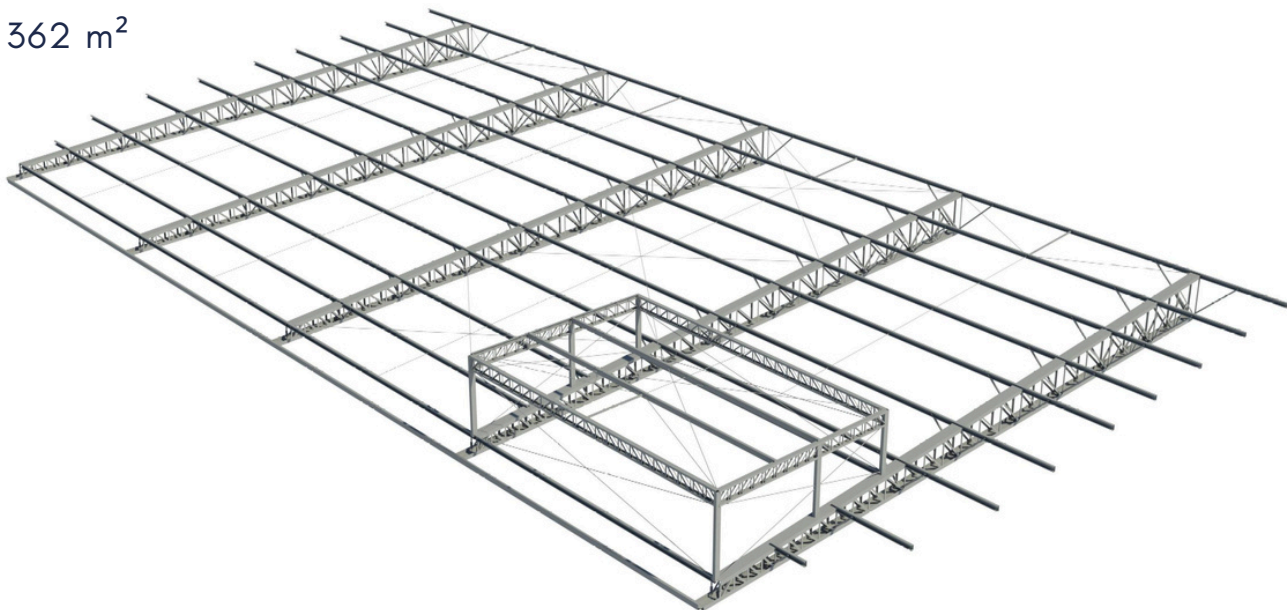
ESTRUTURA METÁLICA

Esporte Clube Sírio

SÃO PAULO - SP

- **Dimensão:**

362 m²

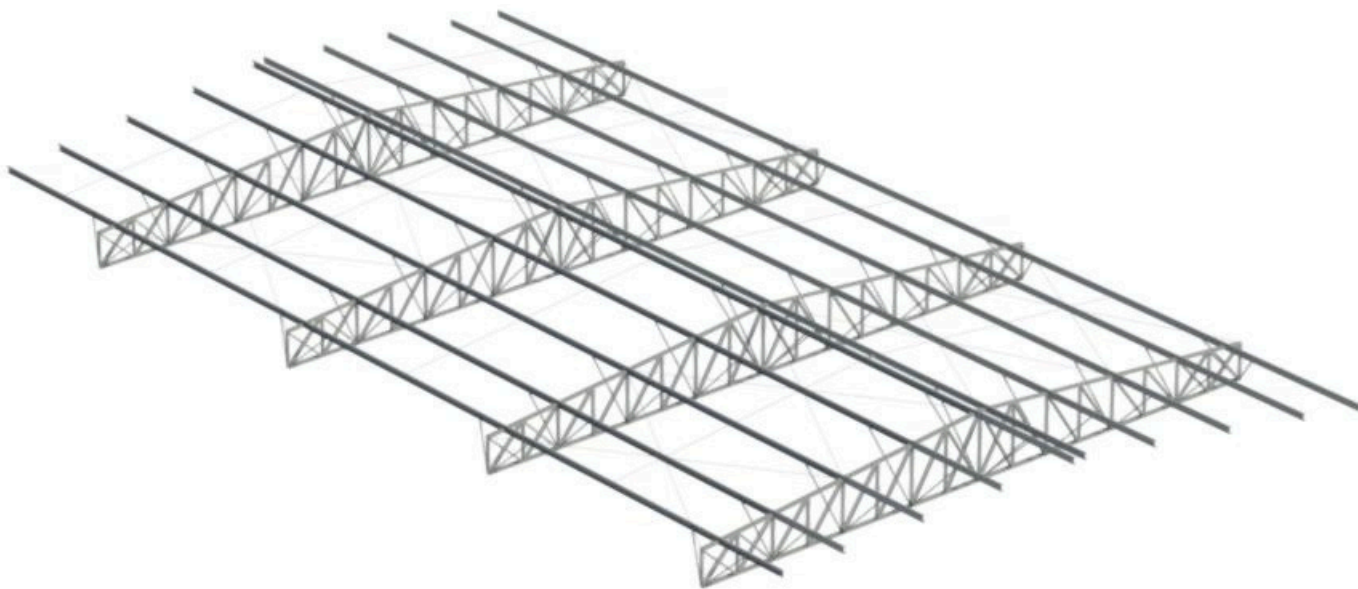


Cobertura de Piscina de Escola

ALAGOINHAS - BA

- **Dimensão:**

192 m²

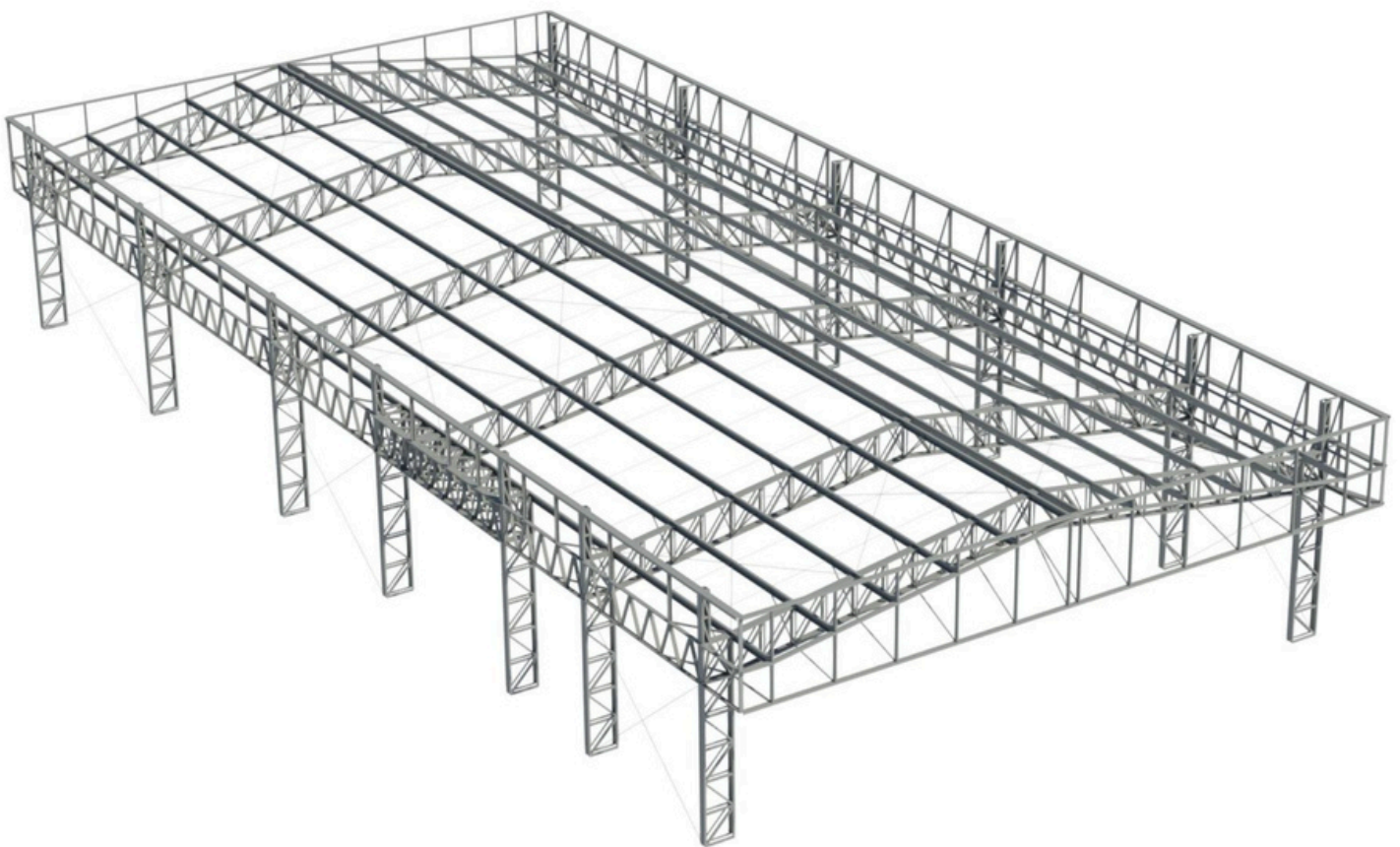


ESTRUTURA METÁLICA

Escola

GRAVATAÍ- RS

- **Dimensão:**
683 m²



Ginásios esportivos,
com geometria e
vãos personalizados

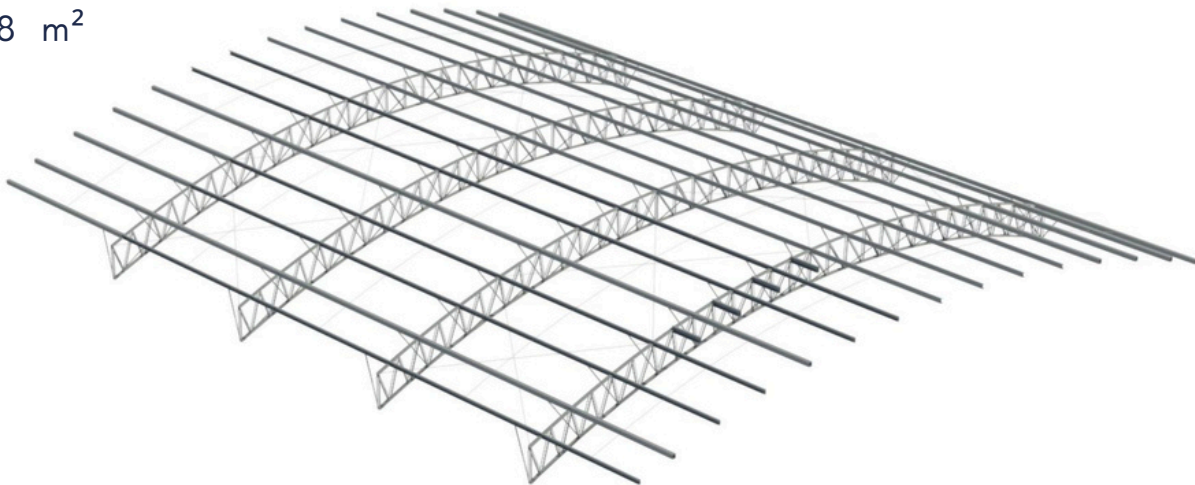
ESTRUTURA METÁLICA

Ginásio de Escola

ALAGOINHAS - BA

- **Dimensão:**

718 m²

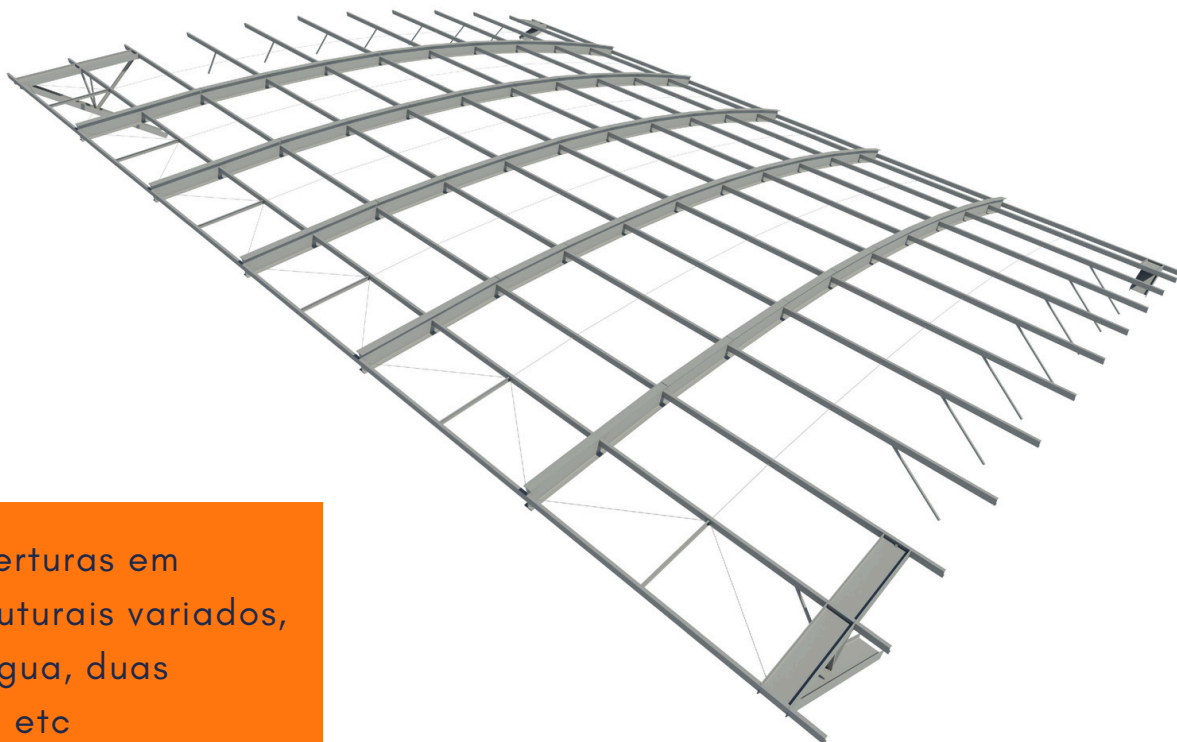


Colégio Adventista Alphaville

BARUERI - SP

- **Dimensão:**

941 m²

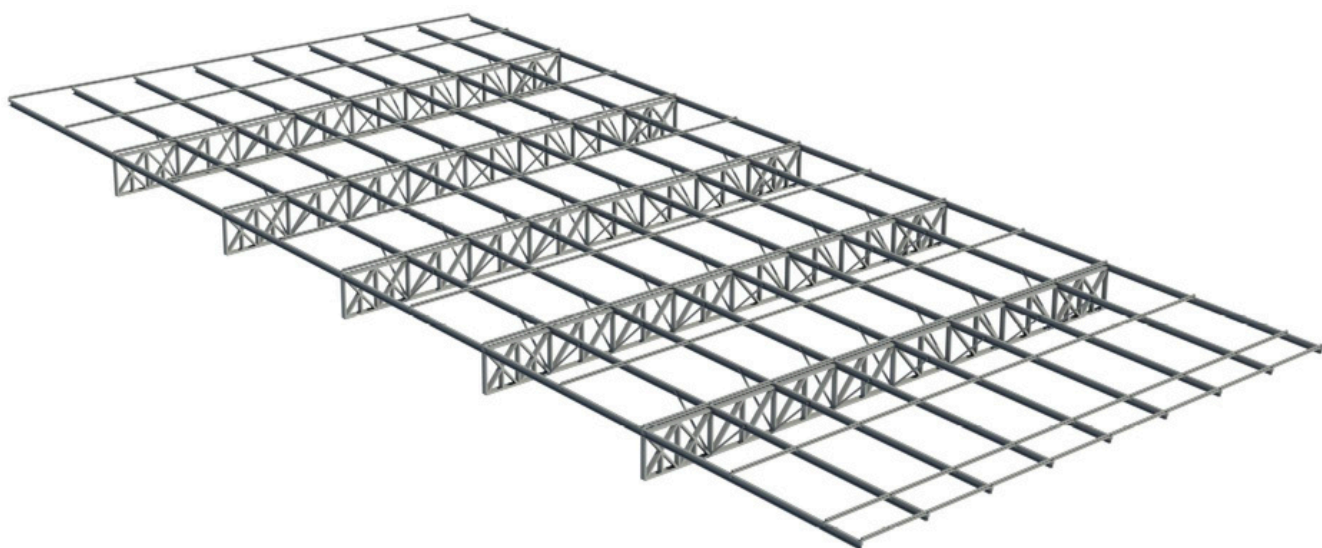


Diversas coberturas em sistemas estruturais variados, como: uma água, duas águas, curvo, etc

ESTRUTURA METÁLICA

Cobertura de Templo

SÃO PAULO - SP

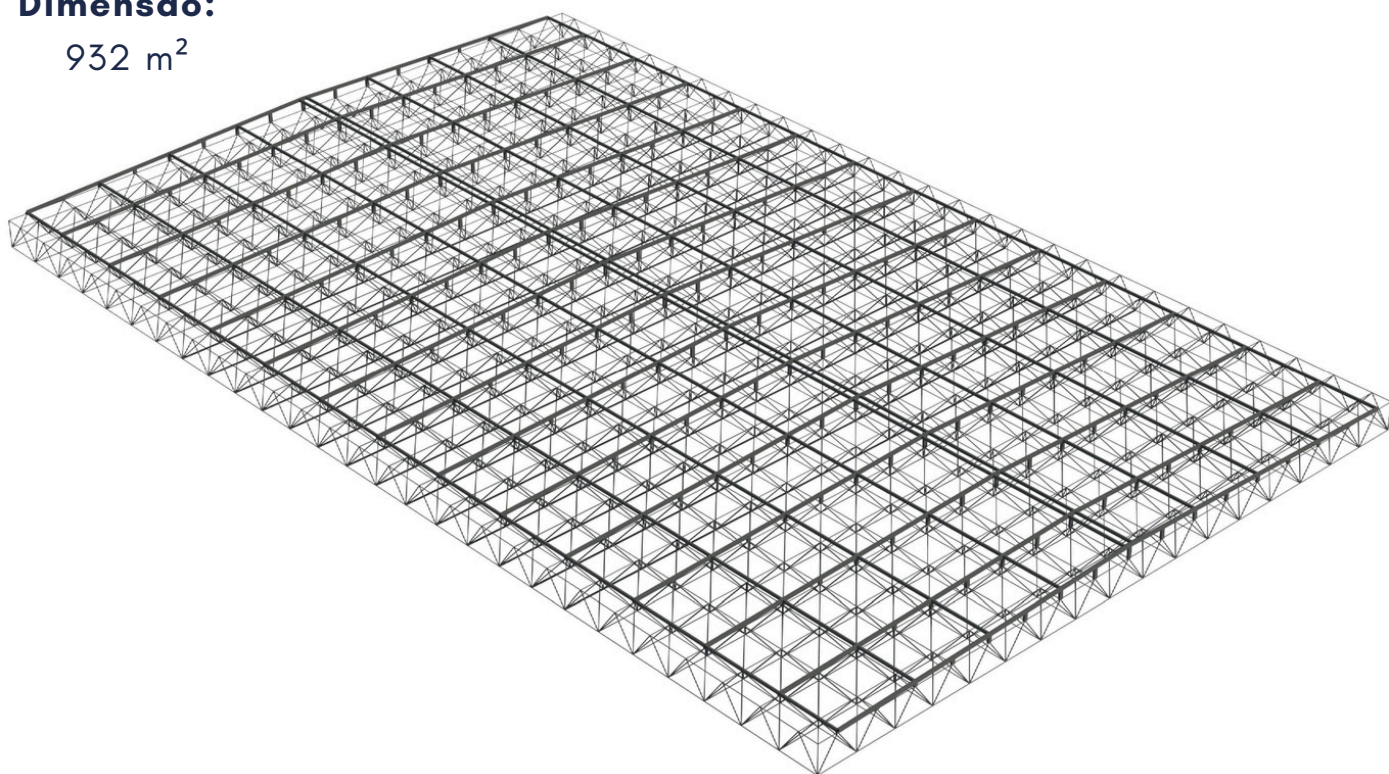


Cobertura de Escola

GUARUJÁ - SP

Dimensão:

932 m²



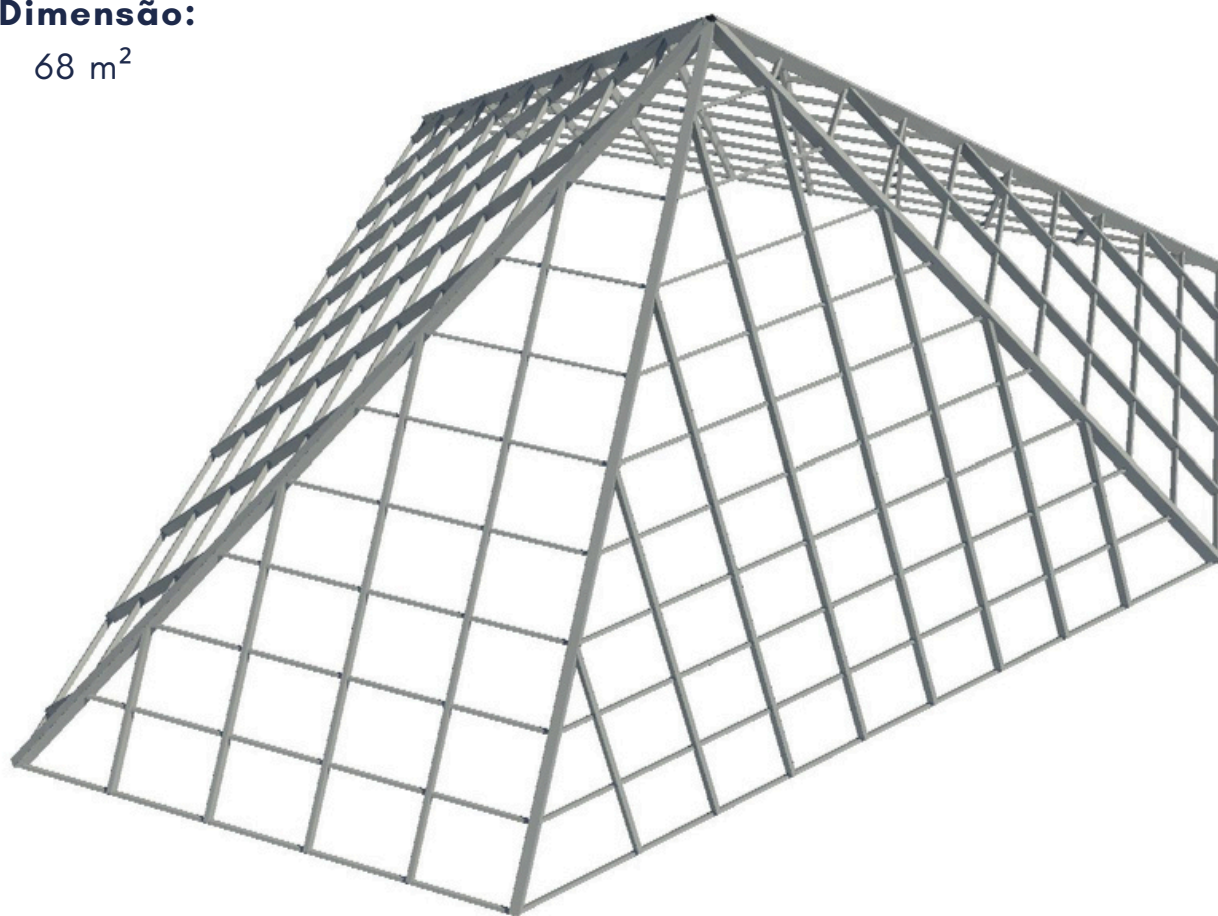
ESTRUTURA METÁLICA

Cobertura do shopping Glória Garden

LIMEIRA- SP

Dimensão:

68 m²

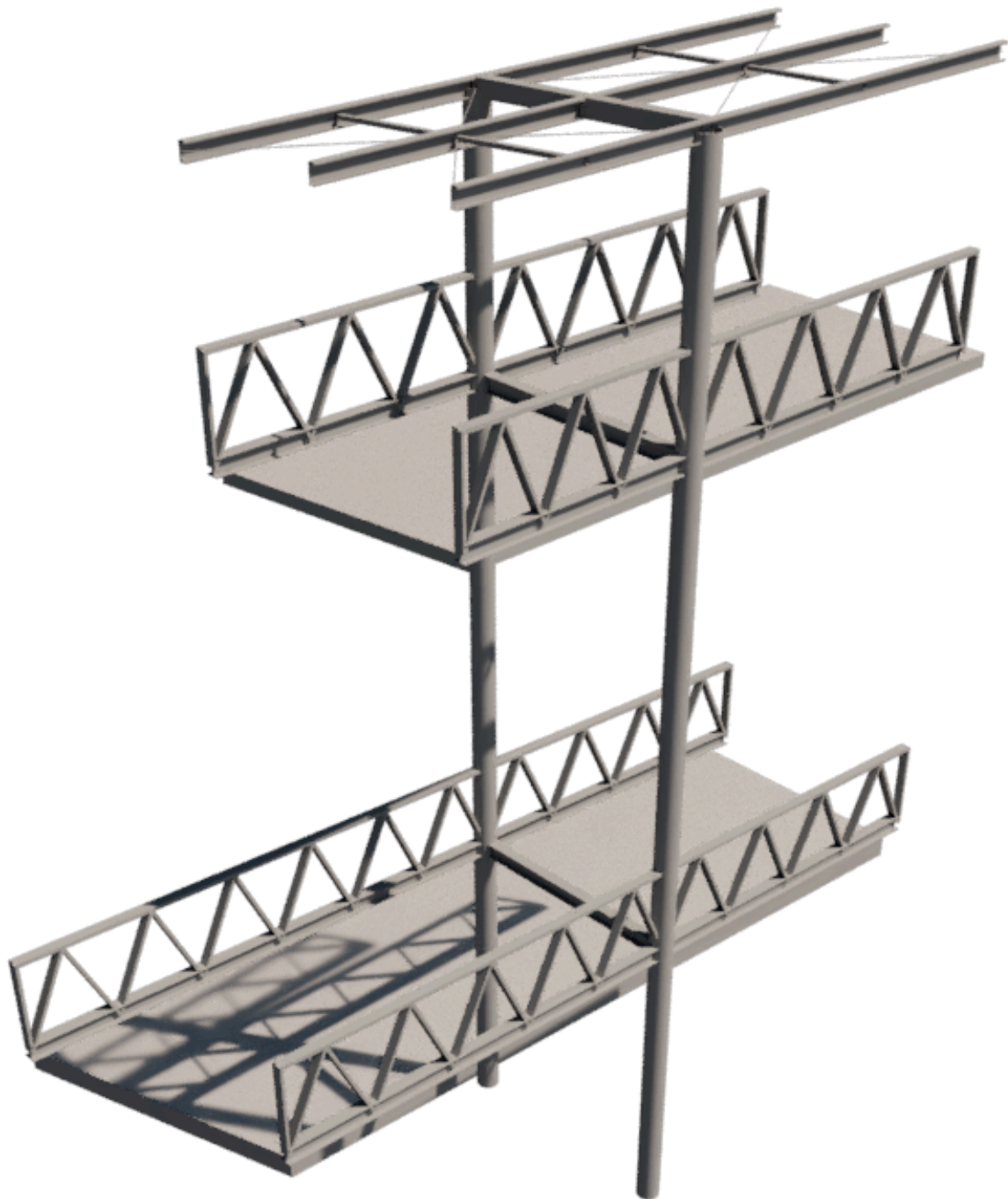


Coberturas não
convencionais para
todos os gostos

PASSARELA

Colégio Adventista de Alphaville

BARUERI- SP



CONSULTORIAS

- **Horas de consultoria:**

Mais de 6.000 horas computadas

- **Tipos de serviços:**

- Soluções estruturais especializadas;
- Desenvolvimento de sistemas estruturais;
- Desenvolvimento de material técnico comercial;
- Avaliação de *software*;
- Palestras direcionadas;
- Outros

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE PROJETO - ATP

Diversas parcerias com outros escritórios para avaliação técnica de projeto e controle de qualidade de projeto

Experiência em inspeção de projetos de Obras de Arte Especiais (OIA)

LAUDOS TÉCNICOS E PROJETOS DE REFORÇO

- **Serviços:**

Diversos laudos periciais de obras em estrutura de concreto ou estrutura metálica, por conta de expansão, troca de utilização, erros de projeto/execução ou antigas.

Já foram desenvolvidos **38 projetos de reforço** de edificações com problemas estruturais.

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1 Cobertura 1	5
1.2 Cobertura 2	8
1.2 Cobertura 3	10
2. ESPECIFICAÇÕES DOS PERIS UTILIZADOS	18
2.1 Cobertura 1	18
2.2 Cobertura 2 e 3	19
3. AÇÕES CARACTERÍSTICAS	23
3.1 Peso Próprio (G)	23
3.2 Telhas (G) – Coberturas 1 e 2	23
3.3 Telhas (G) – Cobertura 3	23
3.4 Forro de Gesso – Cobertura 1 (G)	23
3.5 Painéis Fotovoltaicos (G) – Cobertura 1	23
3.6 Painéis Fotovoltaicos (G) – Cobertura 3	24
3.7 Ação de Manutenção (Q)	24
3.8 Ação do Vento (Q) – Cobertura 1	24
3.9 Ação do Vento (Q) – Cobertura 2 e 3	26
4. COMBINAÇÕES DE AÇÕES	34
5. ANÁLISE DA ESTRUTURA DA COBERTURA 1	35
5.1 Análise 1 (Combinação 1)	35
5.2 Análise 2 (Combinação 2)	36
6. ANÁLISE DA ESTRUTURA DAS COBERTURAS 2 E 3	38
6.1 Análise 1 (Combinação 1)	38
6.2 Análise 2 (Combinação 2)	41
6.3 Análise 3 (Combinação 3)	42
6.4 Análise 4 (Combinação 4)	42
7. DIAGNÓSTICO	43
8. CONCLUSÃO	47
9. REFERÊNCIAS	48

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº 510, Complemento: Residencial Jazemim,
CEP: 13460-070 Barão, Laguna-Grande, Florianópolis - SC
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 98330-0425



1.1 Cobertura 1

A cobertura 1 está situada na região de salas de aula. Trata-se de uma cobertura treliçada com duas águas. Em uma das extremidades da cobertura, a edificação é mais larga, gerando comprimentos maiores para a treliça. Nas Figuras 2 a 5 pode-se visualizar alguns detalhes referentes a essa cobertura.



Figura 2 – Cobertura metálica

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº 510, Complemento: Residencial Jazemim,
CEP: 13460-070 Barão, Laguna-Grande, Florianópolis - SC
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 98330-0425



1. INTRODUÇÃO

Foram inspecionadas duas coberturas metálicas nessa edificação. Na Figura 1 pode-se visualizar um mapa chave para identificação das mesmas.

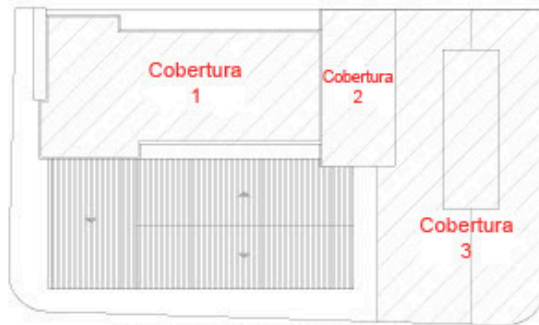


Figura 1 – Mapa chave para identificação das coberturas

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº 510, Complemento: Residencial Jazemim,
CEP: 13460-070 Barão, Laguna-Grande, Florianópolis - SC
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 98330-0425



Figura 3 – Ligação com a estrutura



Figura 4 – Cobertura metálica

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº 510, Complemento: Residencial Jazemim,
CEP: 13460-070 Barão, Laguna-Grande, Florianópolis - SC
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 98330-0425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



Figura 5 – Corrosão



Figura 6 – Apoios para as treliças

Foi identificado ausência de correntes e contraventamento.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Bauria, Lagoa Botolpho, Cuiabá - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

7

1.2 Cobertura 2

A cobertura 2 está situada na região do pátio da cantina. É uma cobertura de uma água, com treliça de baixo superior reto inclinado e o inferior curvo, apoiando de um lado nos pilares da quadra, e no outro lado na estrutura de concreto armado. Nas Figura 7 a 10 pode-se visualizar parte da cobertura metálica.

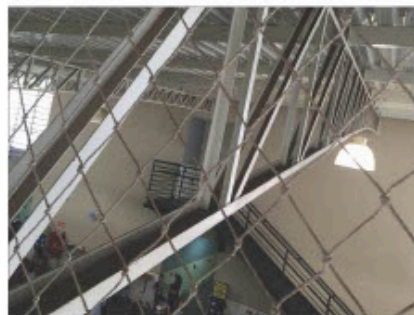


Figura 7 – Visão da treliça curva da cobertura

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Bauria, Lagoa Botolpho, Cuiabá - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

8



Figura 8 – Visão da treliça que sustenta as treliças inclinadas

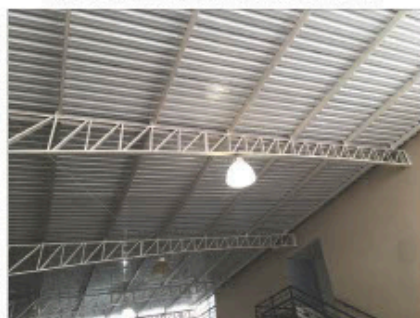


Figura 9 – Apoio das treliças inclinadas na estrutura de concreto

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Bauria, Lagoa Botolpho, Cuiabá - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

9

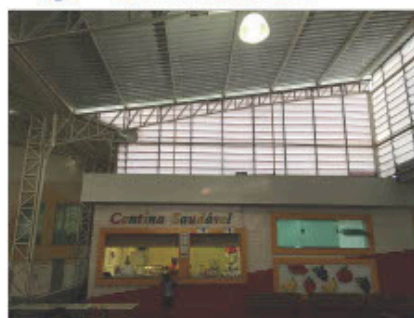


Figura 10 – Visão geral da cobertura metálica

1.2 Cobertura 3

A cobertura 3 está situada na região da quadra e auditório. É uma cobertura em arco atirantado nos apoios, em que na parte central possui um lanternim. Em uma das extremidades da cobertura, foi realizado um auditório, e para isso, foram retirados dois pilares, colocando as treliças curvas apoiadas em outra treliça, que por sua vez, apoia em pilares preexistentes. Nas Figura 11 a 22 pode-se visualizar parte da cobertura metálica.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Bauria, Lagoa Botolpho, Cuiabá - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

10

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS

11

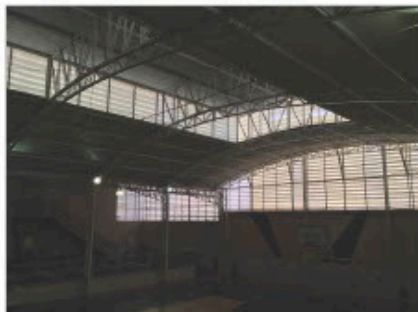


Figura 11 – Cobertura metálica



Figura 12 – Cobertura metálica

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 576, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-076 Balneário Lagoinha - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425

12



Figura 13 – Cobertura metálica



Figura 14 – Cobertura metálica

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 576, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-076 Balneário Lagoinha - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425

13

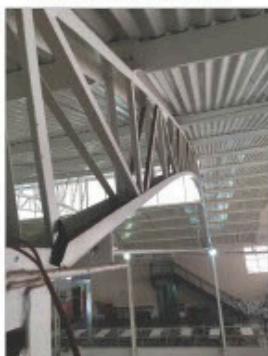


Figura 15 – Treliça arqueada e atirantada



Figura 16 – Ligação da treliça com o pilar

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 576, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-076 Balneário Lagoinha - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425

14

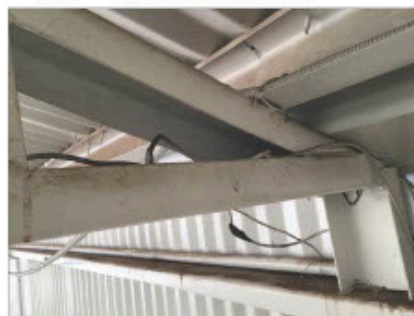


Figura 17 – Final da treliça – Balanço depois do pilar

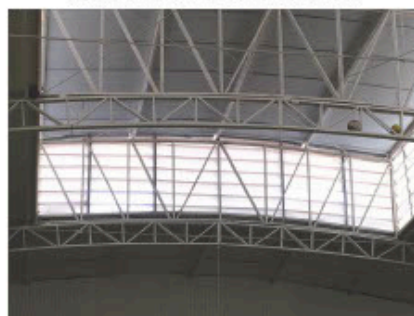


Figura 18 – Lateral

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 576, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-076 Balneário Lagoinha - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS

15

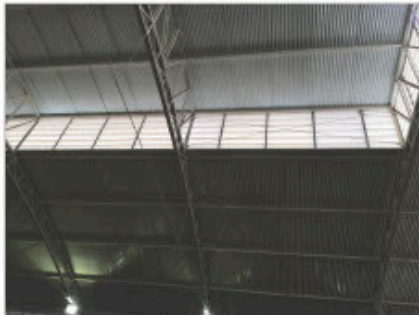


Figura 19 – Lanterna

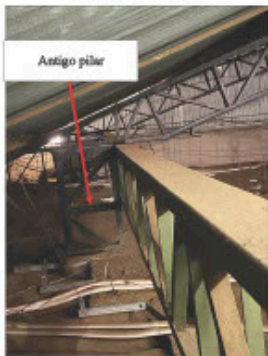


Figura 20 – Pilares retrados

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Barão: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

16



Figura 21 – Cobertura da região do auditório



Figura 22 – Ligação da treliça com região que retiraram os pilares

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Barão: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

17



Para o cálculo da sobrecarga devido às placas fotovoltaicas, foi passado uma estimativa de posicionamento das placas na cobertura. Essa estimativa é mostrada na Figura 23.

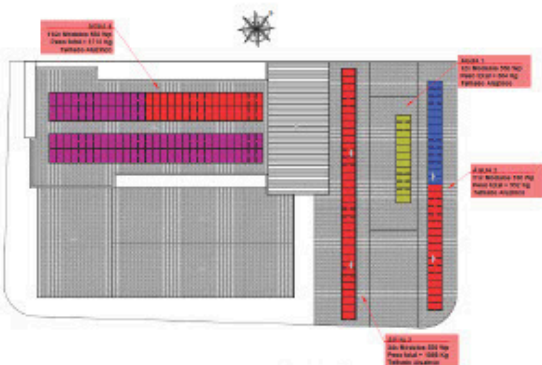


Figura 23 – Posicionamento das placas fotovoltaicas

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Barão: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

18



2. ESPECIFICAÇÕES DOS PERIS UTILIZADOS

2.1 Cobertura 1

Não há projeto de referência. Todas as medidas foram retiradas in loco. As Figuras 24 e 25 ilustram as dimensões estimadas em planta e na treliça, respectivamente.

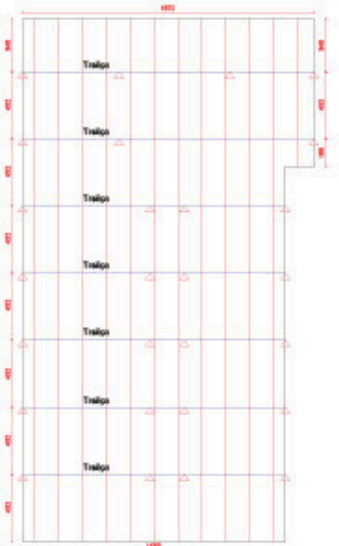


Figura 24 – Esquema da estrutura metálica da cobertura 1 em planta. Cotas em centímetros.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Barão: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



Figura 25 - Esquema da treliça da cobertura 1. Cotas em centímetros.

A listagem dos perfis utilizados é a especificada na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais utilizados na estrutura metálica da cobertura 1.

Local	Tipo de aço	Perfil	Especificação
Banzo Superior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2
Banzo Inferior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2
Montantes da treliça	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 31,75x31,75x3,17
Diagonais das treliças	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 31,75x31,75x3,17
Terças	Chapa dobrada SAE 1010	Simples com uma linha de corrente	U 127x50x2,65

2.2 Cobertura 2 e 3

Não há projeto de referência. Todas as medidas foram retiradas in loco. As coberturas 2 e 3 estão interligadas, por este motivo são apresentadas em um único item. As Figuras 26 e 27 ilustram as dimensões estimadas em planta e da treliça, respectivamente.

Biduaçu: Rua Manoel Francisco da Rosa, nº 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13460-070 Barão: Lagoa Verde - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

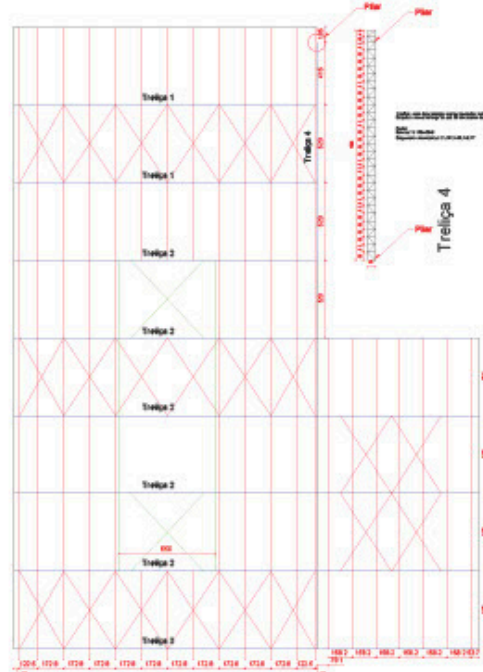


Figura 26 - Esquema das estruturas metálicas das coberturas 2 e 3 em planta. Cotas em centímetros.

Biduaçu: Rua Manoel Francisco da Rosa, nº 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13460-070 Barão: Lagoa Verde - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

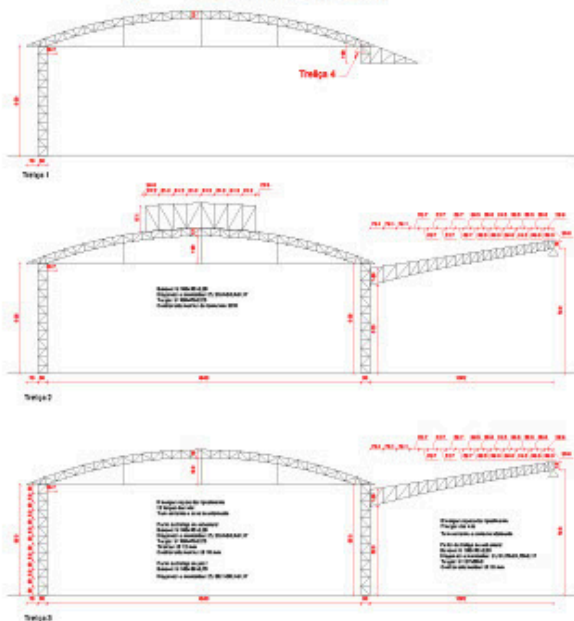


Figura 27 - Esquema das treliças das coberturas 2 e 3. Cotas em centímetros.

A listagem dos perfis utilizados é a especificada na Tabela 2.

Biduaçu: Rua Manoel Francisco da Rosa, nº 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13460-070 Barão: Lagoa Verde - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

Tabela 2 - Materiais utilizados nas estruturas metálicas das coberturas 2 e 3.

Local	Tipo de aço	Perfil	Especificação
Banzo Superior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2,25
Banzo Inferior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2,25
Montantes da treliça	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 25,4x25,4x3,17
Diagonais das treliças	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 25,4x25,4x3,17
Terças	Chapa dobrada SAE 1010	Simples sem linha de corrente	U 100x40x2,25
Titulares	Laminado ASTM A-36	Simples	Ø12
Contraventamento	Laminado ASTM A-36	Simples	Ø10
Banzo Superior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 150x50x3
Banzo Inferior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 150x50x3
Montantes da treliça	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 38,1x38,1x3,17
Diagonais das treliças	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 38,1x38,1x3,17
Banzo Superior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 150x50x3,75
Banzo Inferior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 150x50x3,75
Montantes da treliça	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 38,1x38,1x3,17
Diagonais das treliças	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 38,1x38,1x3,17
Banzo Superior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2,65
Banzo Inferior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2,65
Montantes da treliça	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 31,75x31,75x3,17
Diagonais das treliças	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 31,75x31,75x3,17
Terças	Chapa dobrada SAE 1010	Simples com uma linha de corrente	U 127x50x3
Contraventamento	Laminado ASTM A-36	Simples	Ø10
Banzo Superior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2,25
Banzo Inferior da Treliça	Chapa dobrada SAE 1010	Simples	U 100x40x2,25
Montantes da treliça	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 25,4x25,4x3,17
Diagonais das treliças	Laminado ASTM A-36	Duplo sem enrijecedores	L 25,4x25,4x3,17
Terças	Chapa dobrada SAE 1010	Simples sem linha de corrente	U 100x40x2,25
Contraventamento	Laminado ASTM A-36	Simples	Ø10

Biduaçu: Rua Manoel Francisco da Rosa, nº 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13460-070 Barão: Lagoa Verde - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 8711-8877, (19) 8833-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



3. AÇÕES CARACTERÍSTICAS

As ações para verificação deste laudo seguem as diretrizes das normas técnicas ABNT NBR 8800:2008; ABNT NBR 6120:2019 e ABNT NBR 6123:1988. Também foram retiradas informações das especificações técnicas das placas fotovoltaicas contidas no site da fornecedora (www.komeco.com.br) na data de apresentação deste laudo.

As ações aqui descritas são características sendo devidamente combinadas com seus coeficientes de majoração e ponderação no momento da análise estrutural.

3.1 Peso Próprio (G)

Determinado pelo volume de aço empregado conforme a geometria da estrutura e utilizando-se o peso específico de 7850 kgf/m³.

3.2 Telhas (G) – Coberturas 1 e 2

Foram utilizadas telhas trapezoidais do tipo sanduíche com aço equivalente de 12 kgf/m².

3.3 Telhas (G) – Cobertura 3

Foram utilizadas telhas onduladas de aço zincado. Foi considerado uma ação equivalente à 4 kgf/m².

3.4 Forro de Gesso – Cobertura 1 (G)

O forro de gesso incluindo a estrutura de suporte possui um peso estimado de 25 kgf/m².

3.5 Painéis Fotovoltaicos (G) – Cobertura 1

No projeto do fabricante dos painéis fotovoltaicos há a especificação de 116 painéis de 550 Wp. Cada painel tem um peso de 27,5 kgf (conforme o site do fabricante), totalizando 3190 kg. Entretanto, no mesmo projeto mencionado o peso indicado foi de 3712 kgf. Assim, o peso de cada painel é de 32 kgf.

No site do fabricante as dimensões dos painéis são 182x91 cm, resultando em 1,656 m² por

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 510, Capela Pretinha, Residência Juvenil III, CEP: 13065-070 Barão, Lageado - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425



painel. Sendo assim, foi considerada uma ação para as placas fotovoltaicas de (32/1,656) = 19,32 kgf/m².

3.6 Painéis Fotovoltaicos (G) – Cobertura 3

No projeto do fabricante dos painéis fotovoltaicos há a especificação de 77 painéis de 550 Wp. Cada painel tem um peso de 27,5 kgf (conforme o site do fabricante), totalizando 2117,5 kg. Entretanto, no mesmo projeto mencionado o peso indicado foi de 2454 kgf. Assim, o peso de cada painel é de 32 kgf.

No site do fabricante as dimensões dos painéis são 182x91 cm, resultando em 1,656 m² por painel. Sendo assim, foi considerada uma ação para as placas fotovoltaicas de (32/1,656) = 19,32 kgf/m².

3.7 Ação de Manutenção (Q)

Conforme a ABNT NBR 8800:2008, foi considerada uma ação de manutenção de 25 kgf/m² não simultânea a ação do vento.

3.8 Ação do Vento (Q) – Cobertura 1

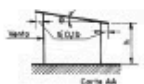
Dados Iniciais

- Altura estimada da edificação de 8 m.
- Velocidade básica do vento $V_b = 45$ m/s
- Fator $S_1 = 1,00$
- Categoria IV / Classe C: Fator $S_2 = 0,77$
- Fator $S_3 = 1,00$
- Velocidade característica do vento $V_k = 45 \cdot 1,00 \cdot 0,77 \cdot 1,00 = 34,65$ m/s
- Pressão de obstrução $q = 0,613 \cdot 34,65^2 = 736,00$ N/m² = 0,736 kN/m²

Coefficientes de pressão externa

$\theta = 2^\circ$

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 510, Capela Pretinha, Residência Juvenil III, CEP: 13065-070 Barão, Lageado - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425



90°		45°		0°		-45°		-90°	
H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
-1,0	-0,5	-1,0	-0,5	-1,0	-0,5	-1,0	-0,5	-1,0	-0,5

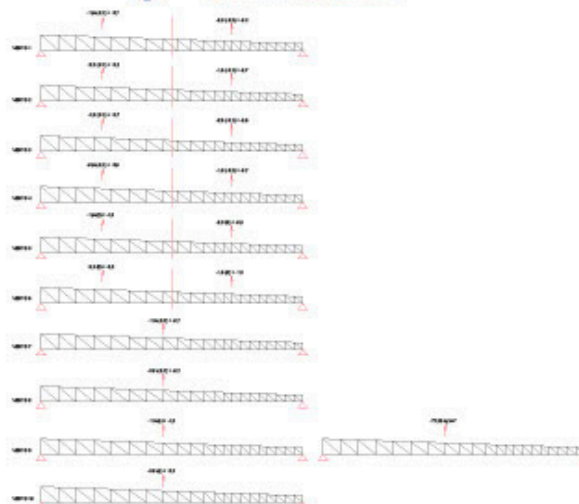
Coefficientes de pressão interna

Quatro faces igualmente permeáveis:

- $C_{pi} = -0,3$
- $C_{pi} = 0,0$

Ação do vento considerada

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 510, Capela Pretinha, Residência Juvenil III, CEP: 13065-070 Barão, Lageado - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425



Devido a intensidade das ações de vento, foi processado apenas o Vento 9.

3.9 Ação do Vento (Q) – Cobertura 2 e 3

Dados Iniciais

- Altura estimada da edificação de 8 m.
- Velocidade básica do vento $V_b = 45$ m/s
- Fator $S_1 = 1,00$
- Categoria IV / Classe C: Fator $S_2 = 0,77$

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 510, Capela Pretinha, Residência Juvenil III, CEP: 13065-070 Barão, Lageado - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



- Fator $S_f = 1,00$
- Velocidade característica do vento $V_k = 45 \times 1,00 \times 0,77 \times 1,00 = 34,65 \text{ m/s}$
- Pressão de obstrução $q = 0,513.34,65^2 = 736,00 \text{ N/m}^2 = 0,736 \text{ kN/m}^2$

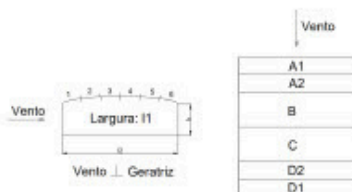
Coefficientes de pressão externa

$$f/l_0 = 204/2053 = 0,10$$

$$h/l_0 = 650/2053 = 0,317$$

$$1, 2, 3, 4, 5, 6 = 2053/6 = 342,16 \text{ cm}$$

$$A1+A2, B, C, D1+D2 = (41,6)/4 = 10,4 \text{ m}$$



Cpe									
Vento perpendicular à geratriz					Vento paralelo à geratriz				
1	2	3	4	5	A1+A2	B	C	D1+D2	
3,42 m	3,42 m	3,42 m	3,42 m	3,42 m	5,81 m	5,81 m	5,81 m	5,81 m	
-1,28	-0,63	-0,48	-0,43	-0,40	-0,8	-0,6	-0,3	-0,2	

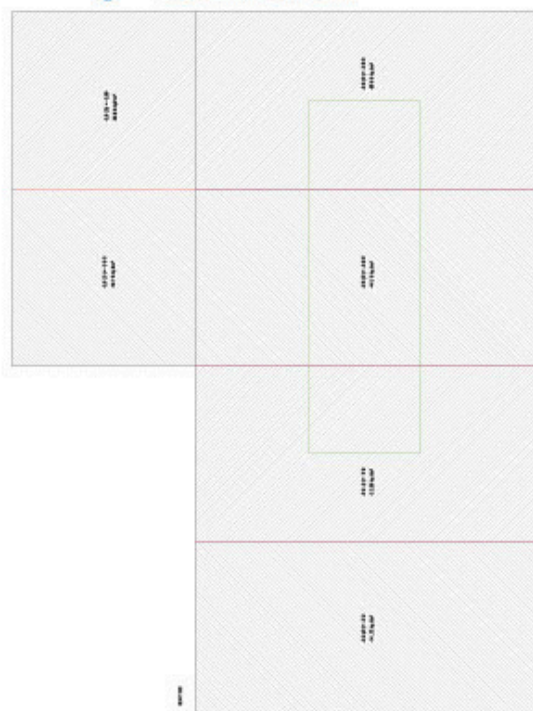
Coefficientes de pressão interna

- Quatro faces igualmente permeáveis:
- $C_{pi} = -0,3$
- $C_{pi} = 0,0$

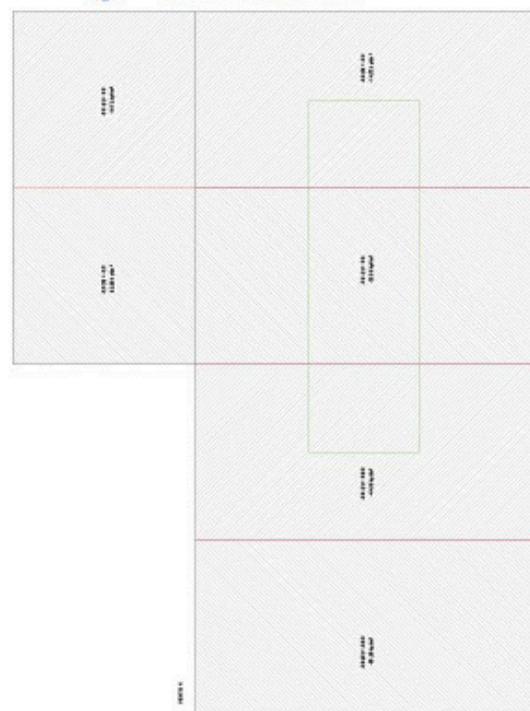
Ação do vento considerada

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Salto, Lagoa Norte, Engenharia Civil - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Salto, Lagoa Norte, Engenharia Civil - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

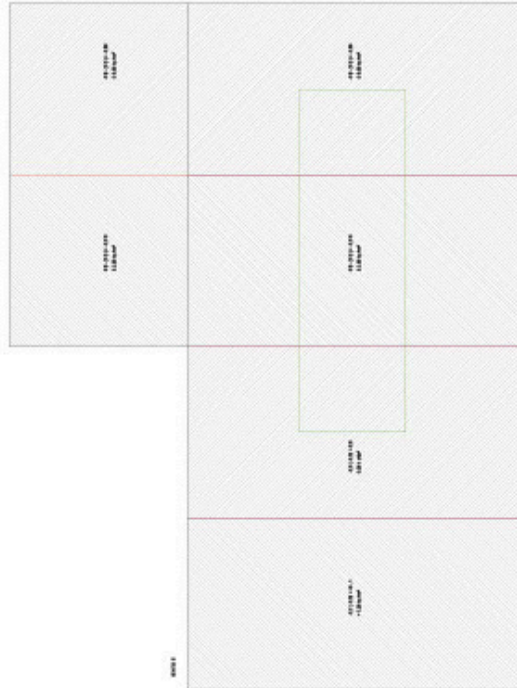


Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Salto, Lagoa Norte, Engenharia Civil - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425



Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº. 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070 Salto, Lagoa Norte, Engenharia Civil - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88330-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº. 510, Complemento: Residência Juvenil
CEP: 12445-910 Batatais, Lagoa Norte - Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (18) 87117-8877; (18) 80320-2420



Devido a intensidade das ações de vento, foram processados apenas o Vento 1 e Vento 4.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 510, Complemento: Residência Juvenal
CEP: 13445-910 Barão: Lageado, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (16) 87117-8877, (16) 88220-3426



Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis nº 570 Complemento: Residencial Jazemim,
CEP: 13065-070 Bauria, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil - SP
Telefone: (19) 3711-8977, (19) 3833-2425



4. COMBINAÇÕES DE AÇÕES

Conforme já comentado, utilizando os coeficientes majoradores e de combinação expressos na ABNT NBR 8800:2008, foram analisadas as seguintes combinações (de acordo com a ABNT NBR 8681:2003) de ações.

Permanentes incluem peso próprio, telhas e placas fotovoltaicas.

Cobertura 1

Combinação 01: Permanentes + Manutenção

Combinação 02: Permanentes + Vento 9

Cobertura 2

Combinação 01: Permanentes + Manutenção

Combinação 02: Permanentes + Vento 1

Combinação 03: Permanentes + Vento 4

Combinação 04: Permanentes + Vento 4 (direção inversa)

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 576, Complemento: Residencial Jussara, CEP: 13045-070 Bauria, Lapa Bauria - Bauria, Cuiabá - SP
Telefone: (19) 33113-8377, (19) 33333-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS



35

5. ANÁLISE DA ESTRUTURA DA COBERTURA 1

Para a análise da estrutura foi utilizado um modelo espacial com auxílio do software Metálicas 3D. Cada combinação descrita no item anterior resultou em uma análise diferente.

5.1 Análise 1 (Combinação 1)

Deslocamento máximo = 58,8 mm > Limite (12540/250 = 50 mm).

A Figura 28 ilustra a estrutura processada em 3D. Já a Figura 29 ilustra a treliça. As barras que estão em vermelho possuem alguma inconformidade.

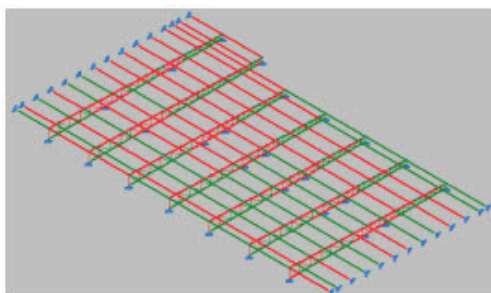


Figura 28 – Estrutura processada na análise 1.

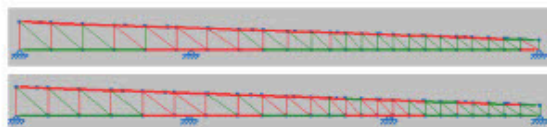


Figura 29 – Treliça processada na análise 1.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070, Bairro: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425



37

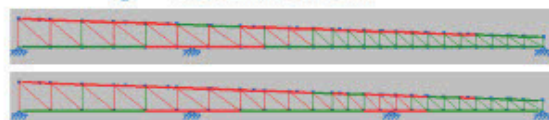


Figura 31 – Treliça processada na análise 2.

As inconformidades encontradas com a análise 2 são semelhantes às da análise 1, mas com menor intensidade, sendo desnecessário relatá-las novamente.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070, Bairro: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425



36

As inconformidades encontradas com a análise 1 são:

- Excesso de esbeltez nas terças;
- Deficiência de mais de 15% na resistência das terças;
- Excesso de esbeltez nas diagonais e montantes;
- Deficiência de mais de 120% na resistência à compressão do banco superior;
- Deficiência de mais de 200% na resistência à compressão das diagonais;
- Deficiência de mais de 60% na resistência à compressão do banco inferior;
- Deficiência de mais de 2000% na resistência à flexão em pontos de apoio fora de nós do banco inferior;
- Grande parte das deficiências dos bancos são oriundas de apoios fora de nós e terças apoiadas fora de nós.

5.2 Análise 2 (Combinação 2)

Deslocamento máximo = 41,9 mm < Limite (12540/250 = 50 mm).

A Figura 30 ilustra a estrutura processada em 3D. Já a Figura 31 ilustra a treliça. As barras que estão em vermelho possuem alguma inconformidade.

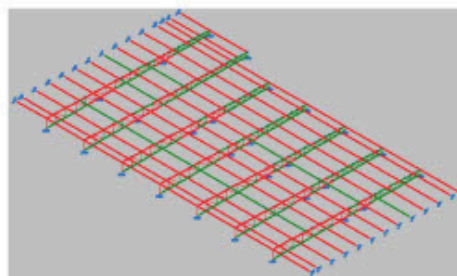


Figura 30 – Estrutura processada na análise 2.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070, Bairro: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425



38

6. ANÁLISE DA ESTRUTURA DAS COBERTURAS 2 E 3

Para a análise da estrutura foi utilizado um modelo espacial com auxílio do software Metálicas 3D. Cada combinação descrita no item anterior resultou em uma análise diferente.

6.1 Análise 1 (Combinação 1)

Deslocamento máximo = 261,3 mm >>> Limite (14550/250 = 58,2 mm).

A Figura 32 ilustra a estrutura processada em 3D. Já as Figuras 33 a 37 ilustram as diversas treliças e aspectos de deformação da treliça de apoio. As barras que estão em vermelho possuem alguma inconformidade.

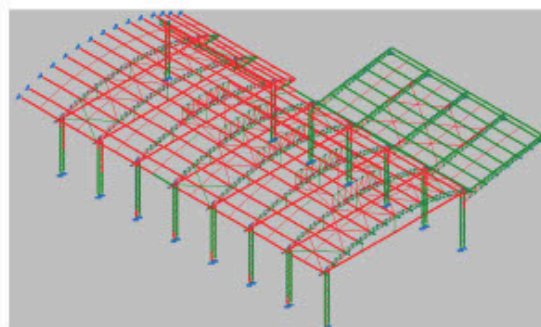


Figura 32 – Estrutura processada na análise 1.

Endereço: Rua Manoel Francisco dos Reis, nº 570, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-070, Bairro: Lagoa Verde, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (19) 87117-8877, (19) 88330-2425

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS

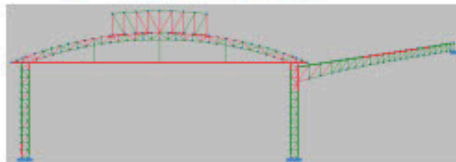


Figura 33 – Treliça da região da quadra e da cantina processada na análise 1.

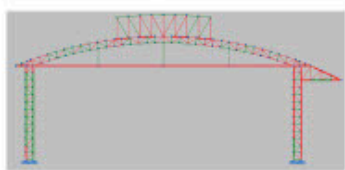


Figura 34 – Treliça da região da quadra na análise 1.

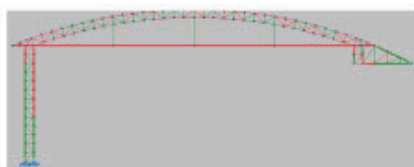


Figura 35 – Treliça da região do auditório na análise 1.

Endereço: Rua Manuel Francisco dos Reis, nº. 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-210 Barão, Lagoa Real, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (18) 87117-8877, (18) 98330-3425

39

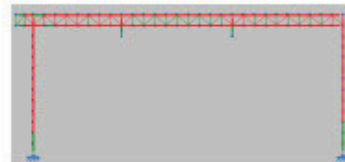


Figura 36 – Treliça de apoio na análise 1.



Figura 37 – Deformada da treliça de apoio na análise 1. In loco verificou-se um deslocamento de aproximadamente 100 mm nesta treliça.

As inconformidades encontradas com a análise 1 são:

- Excesso de esbeltez nas terças;
- Deficiência de mais de 230% na resistência das terças;
- Deficiência de mais de 260% na resistência à compressão do banzo superior dos arcos;
- Deficiência de mais de 8% na resistência à tração do banzo inferior dos arcos;
- Deficiência de mais de 8% na resistência à tração de algumas diagonais dos arcos;
- Deficiência de mais de 240% na resistência à compressão de algumas diagonais dos arcos;
- Deficiência de mais de 310% na resistência à compressão de algumas montantes dos arcos;
- Deficiência de mais de 190% na resistência à tração dos tirantes dos arcos;
- Deficiência de mais de 440% na resistência à compressão do banzo superior da treliça de

apoio;

Endereço: Rua Manuel Francisco dos Reis, nº. 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-210 Barão, Lagoa Real, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (18) 87117-8877, (18) 98330-3425

40

- Deficiência de mais de 480% na resistência à tração do banzo inferior da treliça de apoio;
- Deficiência de mais de 95% na resistência à compressão das diagonais da treliça de apoio;
- Deficiência de mais de 15% na resistência à compressão e mais de 370% na resistência à flexão das barras dos banzos dos pilares que sustentam a treliça de apoio;
- Excesso de esbeltez nas diagonais e montantes da estrutura do lanternim;
- Deficiência de mais de 45% na resistência à compressão de algumas diagonais da estrutura da cobertura 2;
- Deficiência de mais de 4% na resistência à compressão do banzo superior das treliças da cobertura 2;
- Estrutura excessivamente deformada.

6.2 Análise 2 (Combinação 2)

Deslocamento máximo = 178,7 mm >>> Limite (14550/250 = 58,2 mm).

A Figura 38 ilustra a estrutura processada em 3D. As barras que estão em vermelho possuem alguma inconformidade.

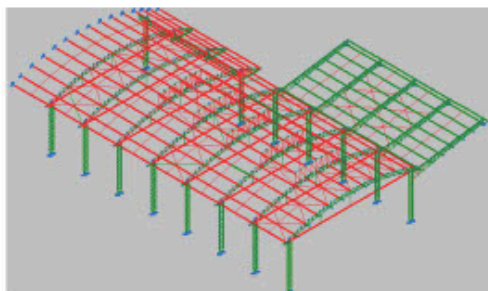


Figura 38 – Estrutura processada na análise 2.

Endereço: Rua Manuel Francisco dos Reis, nº. 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-210 Barão, Lagoa Real, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (18) 87117-8877, (18) 98330-3425

41

As inconformidades encontradas com a análise 2 são semelhantes às da análise 1, porém de menor intensidade já que a ação do vento é de sucção. Não é necessário repeti-las aqui.

6.3 Análise 3 (Combinação 3)

Deslocamento máximo = 158,2 mm >>> Limite (14550/250 = 58,2 mm).

A Figura 39 ilustra a estrutura processada em 3D. As barras que estão em vermelho possuem alguma inconformidade.

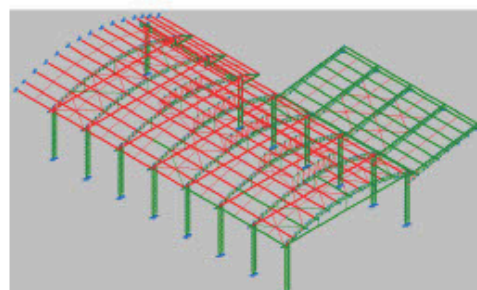


Figura 39 – Estrutura processada na análise 3.

As inconformidades encontradas com a análise 3 são semelhantes às da análise 1, porém de menor intensidade já que a ação do vento é de sucção. Não é necessário repeti-las aqui.

6.4 Análise 4 (Combinação 4)

Deslocamento máximo = 158,2 mm >>> Limite (14550/250 = 58,2 mm).

A Figura 40 ilustra a estrutura processada em 3D. As barras que estão em vermelho possuem alguma inconformidade.

Endereço: Rua Manuel Francisco dos Reis, nº. 510, Complemento: Residência Jussara, CEP: 13465-210 Barão, Lagoa Real, Engenheiro Coelho - SP
Telefone: (18) 87117-8877, (18) 98330-3425

42

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS

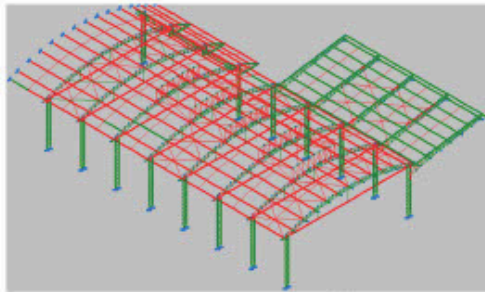


Figura 40 – Estrutura processada na análise 4.

As inconformidades encontradas com a análise 4 são semelhantes às da análise 1, porém de menor intensidade já que a ação do vento é de sucção. Não é necessário repeti-las aqui. Destaca-se apenas uma deficiência de mais de 7% na resistência à tração do banzo superior da cobertura 2.

7. DIAGNÓSTICO

A estrutura da cobertura 1 necessita de grandes reparos e reforços para receber o novo carregamento. Uma alternativa que pode ser interessante é a realocação de todas as terças para que fiquem sobre nós da estrutura e não no meio das barras das treliças. Essa medida elimina consideráveis custos de reforço.

O fato de ela estar funcionando relativamente bem é a ausência de ventos normativos e da ação de manutenção. A Figura 41 ilustra o resultado desta estrutura sem a ação de manutenção, sem vento e sem as placas.

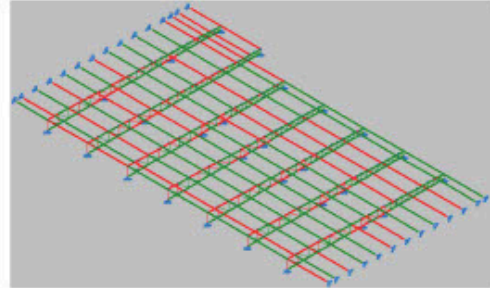


Figura 41 – Análise da cobertura 1 sem a ação de manutenção, das placas fotovoltaicas e do vento.

Nessa situação observa-se que a maior parte das inconformidades são excessos de esbeltez e peças que estão funcionando de forma errada por haver terças e apoios fora de nós. Logo, pode-se concluir que a feliz coincidência de não haver vento de norma e de não se ocupar a carga total de manutenção prevista por norma, manteve esta estrutura em funcionamento até este momento. Porém, é imperativo que sejam realizadas as modificações necessárias antes do recebimento das placas fotovoltaicas.

A estrutura encontra-se em bom estado de conservação. Entretanto, após serem efetuadas as mudanças deve ser feita uma nova pintura de proteção contra a corrosão.

Em relação ao conjunto estrutural das coberturas 2 e 3 a situação é bem mais crítica e severa. A Figura 42 ilustra este conjunto estrutural sem as ações de manutenção e de placas fotovoltaicas. Já a Figura 43 ilustra a treliça de apoio da cobertura 3 nesta análise.

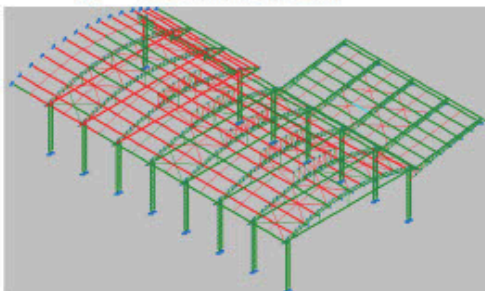


Figura 42 – Análise das coberturas 2 e 3 sem a ação de manutenção, das placas fotovoltaicas e do vento.

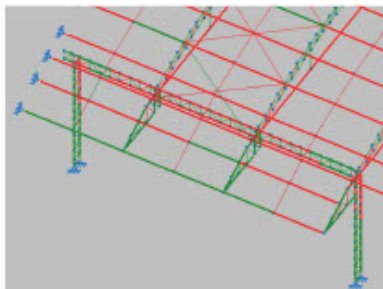


Figura 43 – Treliça de apoio da cobertura 3 sem a ação de manutenção, das placas fotovoltaicas e do vento.

Observa-se que os principais problemas atuais estão no excesso de esbeltez das terças e na treliça de apoio na região do auditório há uma grave e séria deficiência de resistência de suas peças.

Aparentemente não houve projeto estrutural quando a cobertura 3 foi construída. Posteriormente sem nenhum projeto foi feita a treliça de apoio e retirados dois pilares treliçados para a construção do auditório. Além disso o auditório teve um forro de gesso instalado sem estudo de capacidade portante das peças.

Acrescenta-se a instalação de um lanternim sem preocupação com a esbeltez das peças e o correto posicionamento de nós sobre nós. Também o "puxadinho" de cobertura do pórtico da cantina, que forma o telhado da cobertura 2 está apoiado na cobertura 3 de forma equivocada e sem estudo de engenharia.

A feliz coincidência de que as ações de vento nestas coberturas geram uma sucção e não sobrepressão mantiveram este conjunto estrutural em funcionamento por tanto tempo. Entretanto, destaca-se que a treliça de apoio na cobertura 3 apresenta uma deformação visual de mais de 100 mm com o carregamento existente, o que se confirma no modelo analisado nas Figuras 42 e 43. Esta deformação exagerada pode estar conduzindo regiões de peças a um estado de escoamento do aço, podendo ele estar trabalhando em fase de recuperação do diagrama tensão x deformação, estágio que precede a ruína. Mais grave do que isto são as peças comprimidas com estabilidade instável na iminência de flambagens locais e globais.

Para o reforço da treliça de apoio na cobertura 3 é necessário macaqueamento da mesma. Sob hipótese nenhuma as placas fotovoltaicas podem ser instaladas nesta estrutura sem o devido reforço. O risco de ruptura e colapso é real na situação atual.

A estrutura encontra-se em bom estado de conservação. Entretanto, após serem efetuadas as mudanças deve ser feita uma nova pintura de proteção contra a corrosão.

LAUDO PERICIAL DE COBERTURAS METÁLICAS

48



Küster & Sartorti
ENGENHARIA ESTRUTURAL

9. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2019). NBR 6120: Cargas para cálculo de estruturas de edificações – procedimento;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). NBR 6123: Força devidas ao vento em edificações – procedimento;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). NBR 8681: Ações de segurança nas estruturas – procedimentos;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2008). NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.



Küster & Sartorti

ENGENHARIA ESTRUTURAL

Telefones: (19) 9 7117-8877 / (19) 9 8330-2425
contato@kustersartorti.com.br
www.kustersartorti.com.br