

Análise Estrutural das Treliças de Madeira do Lar de Idosos Recanto do Tarumã

A atividade foi desenvolvida pelos alunos do curso de Engenharia Civil, sob orientação do professor Fernando Enrique Castillo Vicencio. O objetivo central foi realizar uma análise estrutural das treliças de madeira que compõem a cobertura do Lar de Idosos Recanto do Tarumã, uma edificação de relevância para a comunidade local que apresentava sinais de comprometimento estrutural devido ao desgaste natural e às patologias identificadas.

A execução das atividades incluiu uma inspeção visual e um levantamento de dados in loco, nos quais foram identificadas fissuras, descolamentos e outros danos nas treliças. Estas, que desempenham um papel crucial na estabilidade da cobertura, apresentavam fissuras nos pontos de ligação (nós) e deslocamentos verticais, indicando possíveis falhas estruturais ao longo do tempo. O levantamento foi realizado com rigor, registrando medidas e detalhes construtivos essenciais para a modelagem e análise estrutural subsequente.

As análises seguiram as normas técnicas vigentes, incluindo a NBR 6120/2019 e a NBR 7190/2022, para calcular as cargas de tração, compressão e cisalhamento atuantes nas treliças. A abordagem metodológica envolveu a modelagem da estrutura por meio de ferramentas como AutoCAD, Revit e Ftool, permitindo uma avaliação detalhada das forças e esforços atuantes. A utilização destas ferramentas teve como finalidade proporcionar uma experiência prática e aplicada no uso de softwares de engenharia, considerados essenciais para a análise estrutural.

O estudo teve como propósito principal identificar as causas das patologias observadas e propor soluções adequadas de reforço e manutenção. Durante o desenvolvimento, foi conduzida uma investigação aprofundada das ligações entre os elementos das treliças, considerando que a integridade dessas conexões é fundamental para a estabilidade global da estrutura. A análise incorporou não apenas aspectos técnicos, mas também fatores ambientais e de uso da edificação, oferecendo uma compreensão holística das origens dos problemas estruturais.



Figura 1: Treliças da cobertura do Lar dos Idosos Recanto do Tarumã.

Como resultado desta orientação, os alunos exploraram diferentes alternativas de reforço, como a substituição de peças, o uso de tirantes, e o tratamento químico da madeira, avaliando suas vantagens e desvantagens. Essa abordagem contribuiu para o desenvolvimento de uma compreensão abrangente da importância de um diagnóstico preciso e de um planejamento adequado em intervenções estruturais, refletindo os desafios e as complexidades enfrentadas na Engenharia Civil, especialmente na análise e reforço de estruturas de madeira.

A treliça identificada no local é do tipo Tesoura Howe. Segundo Moliterno (2010), este é um dos modelos mais utilizados no Brasil, devido à facilidade de execução, mesmo não sendo o método mais econômico. A montagem da Tesoura Howe não exige a realização de entalhes, sendo possível utilizar ligações com parafusos, pinos circulares de madeira ou pregos. Essa característica simplifica o processo construtivo, tornando essa treliça uma opção popular em diversas obras. A Figura 2 ilustra o modelo da Tesoura Howe.

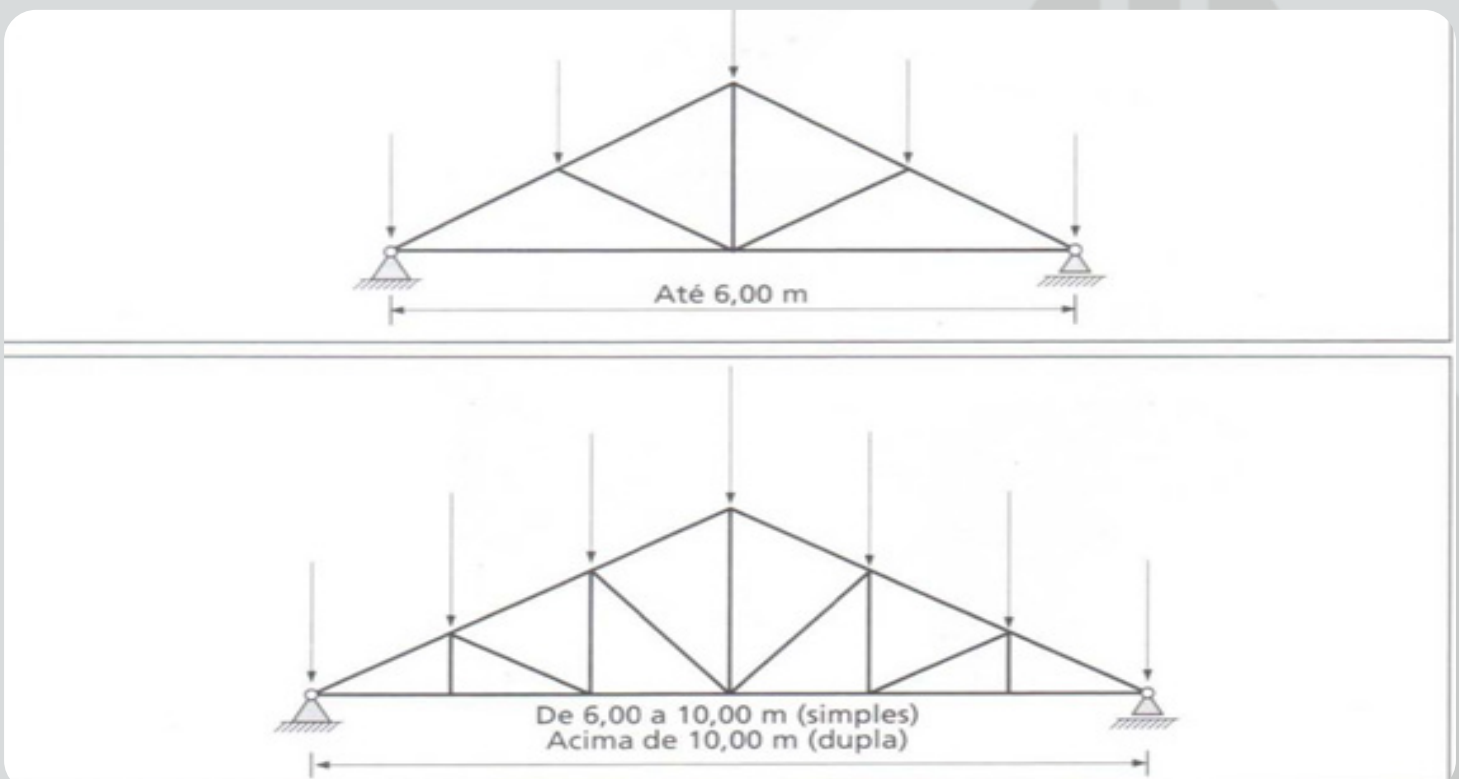


Figura 2. Treliça Howe.

A treliça Howe possui uma distribuição eficiente das cargas aplicadas, especialmente nas diagonais que se inclinam para cima a partir do centro. Essa configuração permite uma transferência mais eficiente de cargas para os apoios, resultando em uma maior estabilidade estrutural. Devido à sua capacidade de suportar grandes vãos sem a necessidade de muitos suportes intermediários, essa treliça é ideal para grandes coberturas, como a estrutura presente no Lar de Idosos Recanto do Tarumã.

As estruturas de suporte dos telhados são determinadas, em grande parte, pelas características das telhas utilizadas. Existem diversos sistemas estruturais que podem ser selecionados para compor uma cobertura. Geralmente, as estruturas são classificadas em trama, estrutura principal e contraventamento (Moliterno, 2010). A Figura 3 apresenta a terminologia das peças que compõem os elementos de um telhado com treliça.

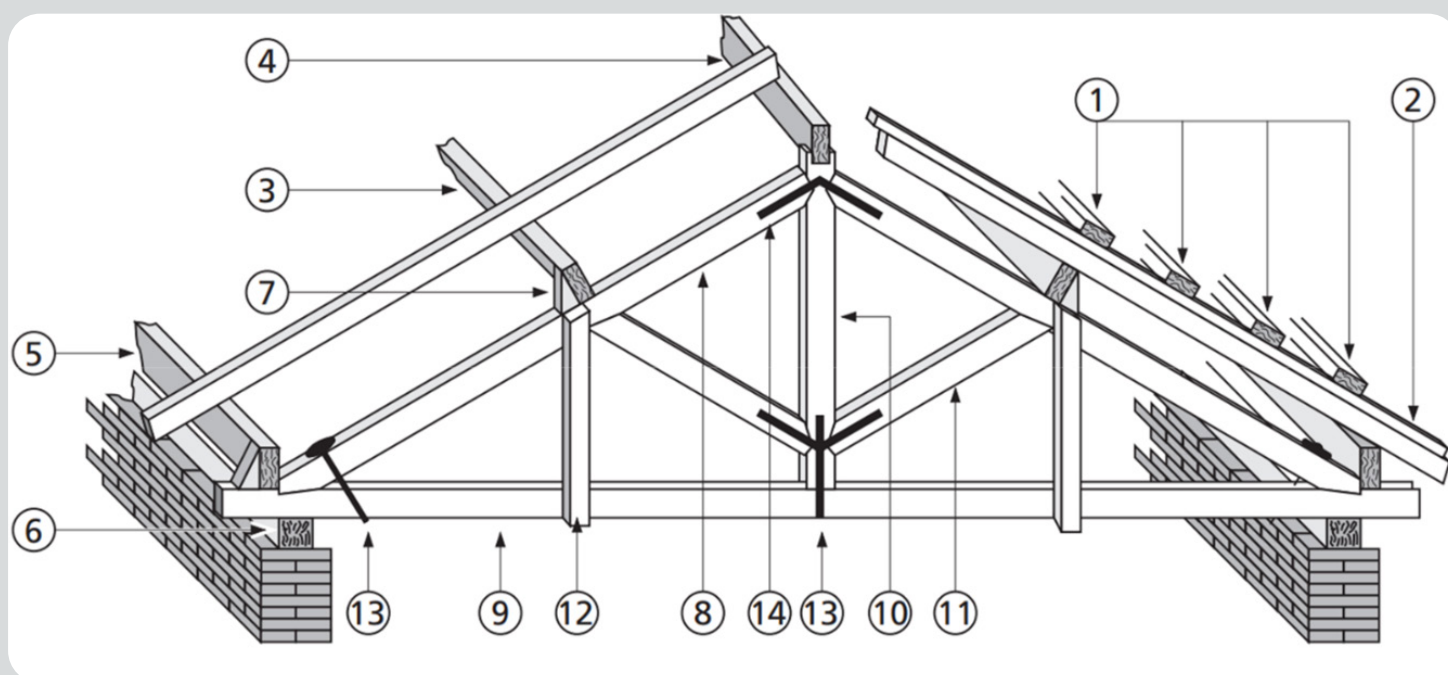


Figura 3. Terminologia da treliça. Fonte: Moliterno (2010)

Os números de 1 a 5 na figura representam a trama, que é composta por ripas, caibros e terças, servindo de lastro para o material de cobertura. O número 6 indica o Frechal, enquanto o número 7 se refere ao Chapuz, uma peça de madeira triangular pregada na asna da tesoura para sustentar ou apoiar a terça.

A tesoura, que é uma viga em treliça plana vertical, é formada pelas peças de 8 a 12. Essas barras são dispostas de maneira a compor uma rede de triângulos, garantindo a estabilidade estrutural do sistema. As peças numeradas como 8 formam a asna, perna, empena ou membrura superior; as peças 9 compõem a linha, rochante, tirante, tensor, olivel ou membrura inferior. O número 10 representa o pendural ou pendural central, enquanto o número 11 se refere à escora. Já o número 12 corresponde ao pontaletes, montante, suspensório ou pendural. Finalmente, as peças 13 e 14 indicam as ferragens, estribos ou cobre-juntas, que são essenciais para a integridade estrutural das ligações.

No galpão analisado, a madeira utilizada na construção das treliças foi a Angelim. De acordo com a Base Sólida Madeiras, esse material possui alta durabilidade e resistência às intempéries, sendo naturalmente imune a insetos e fungos após o processo de serra-gem. A madeira Angelim é classificada como madeira dura, sem a presença de brancal ou miolo, e apresenta uma durabilidade três vezes superior à madeira de Cambará ou outras madeiras que apresentam brancal.

Devido à sua resistência e durabilidade, a madeira Angelim é amplamente utilizada em estruturas de construção civil, incluindo vigas, caibros e pilares. Também é comum em treliças destinadas à sustentação de telhados. A Figura 4 apresenta a treliça estudada, confirmando os detalhes e características da madeira encontrada no galpão.



Figura 4. Treliça galpão

As ligações em treliça de madeira desempenham um papel fundamental na construção de estruturas, assegurando a resistência e a estabilidade necessárias para suportar as cargas aplicadas e garantir a integridade da estrutura. As ligações são os pontos onde os elementos da treliça se conectam, e a qualidade dessas conexões é crucial para o desempenho geral da treliça.

Os principais tipos de ligações utilizados em treliças de madeira são:

Ligações Metálicas

As chapas metálicas e os parafusos são amplamente empregados para unir os elementos de uma treliça de madeira. As chapas metálicas perfuradas são posicionadas sobre as juntas e fixadas com parafusos ou pregos, proporcionando uma conexão robusta e confiável. Esse tipo de ligação é especialmente útil em situações que requerem uma montagem rápida e uma alta capacidade de carga. A Figura 5 ilustra um exemplo de ligação com chapa metálica.

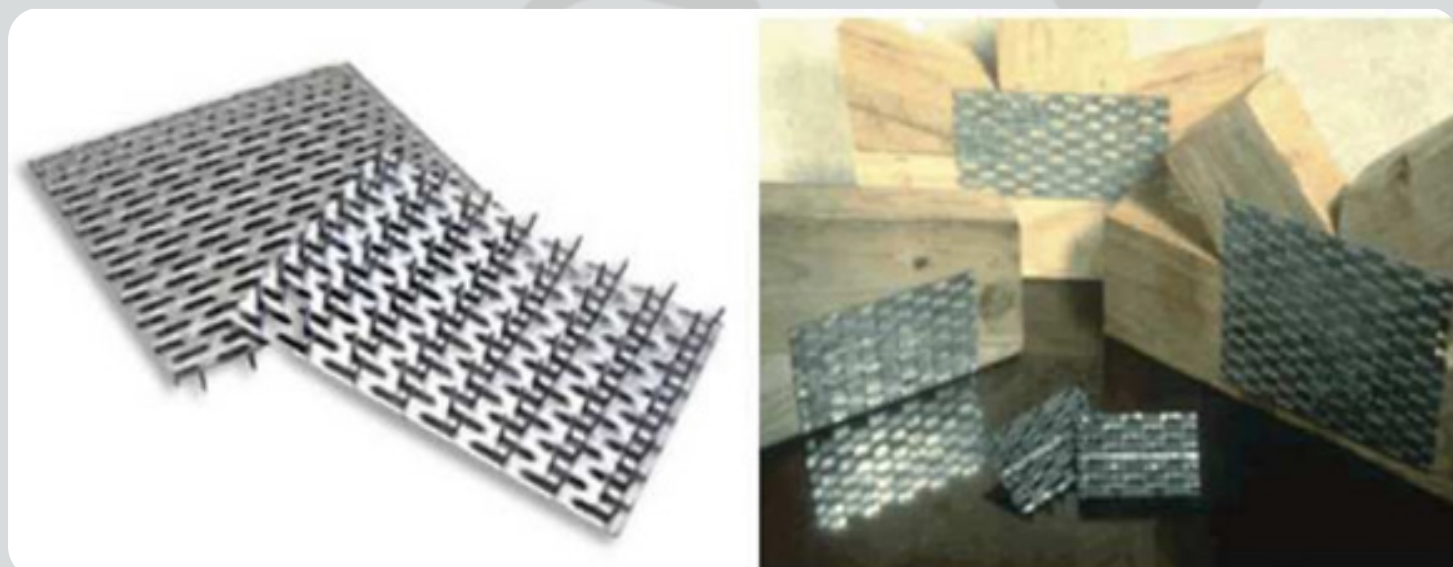


Figura 5. Ligação com chapa metálica. Fonte: Carpinteria.

Ligações com Pregos e Parafusos

Pregos e parafusos são métodos tradicionais de fixação em treliças de madeira. Pregos são frequentemente utilizados devido à facilidade de aplicação e ao baixo custo, porém, podem não oferecer a mesma resistência que parafusos. Parafusos são mais indicados para ligações que exigem maior resistência à tração e ao cisalhamento. A Figura 6 mostra uma ligação com pregos e parafusos.

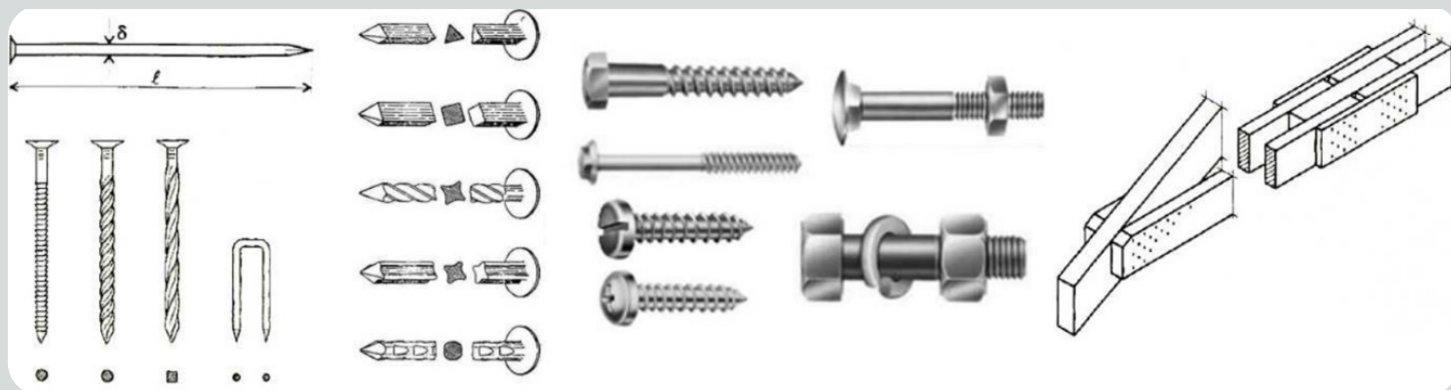


Figura 6. Ligação com pregos e parafusos. Fonte: Carpintaria.

Ligações com Cavilhas

Cavilhas de madeira podem ser utilizadas para conectar os elementos da treliça, proporcionando uma ligação robusta e esteticamente agradável. As cavilhas são inseridas em furos perfurados nos elementos de madeira, sendo coladas e pressionadas no lugar. Este método é particularmente eficaz em treliças que devem suportar cargas pesadas e onde a estética é uma consideração importante. A Figura 7 apresenta uma ligação com cavilhas de madeira.



Figura 7. Ligação com cavilhas de madeira. Fonte: Carpintaria.

Ligações com Adesivos Estruturais

Os adesivos estruturais modernos oferecem uma alternativa eficiente para as ligações em treliças de madeira. Quando aplicados corretamente, esses adesivos proporcionam uma ligação contínua e de alta resistência entre os elementos de madeira. No entanto, é essencial que a superfície seja adequadamente preparada e que a aplicação seja cuidadosa para garantir a eficácia da ligação. A Figura 8 exemplifica uma ligação com adesivos estruturais.

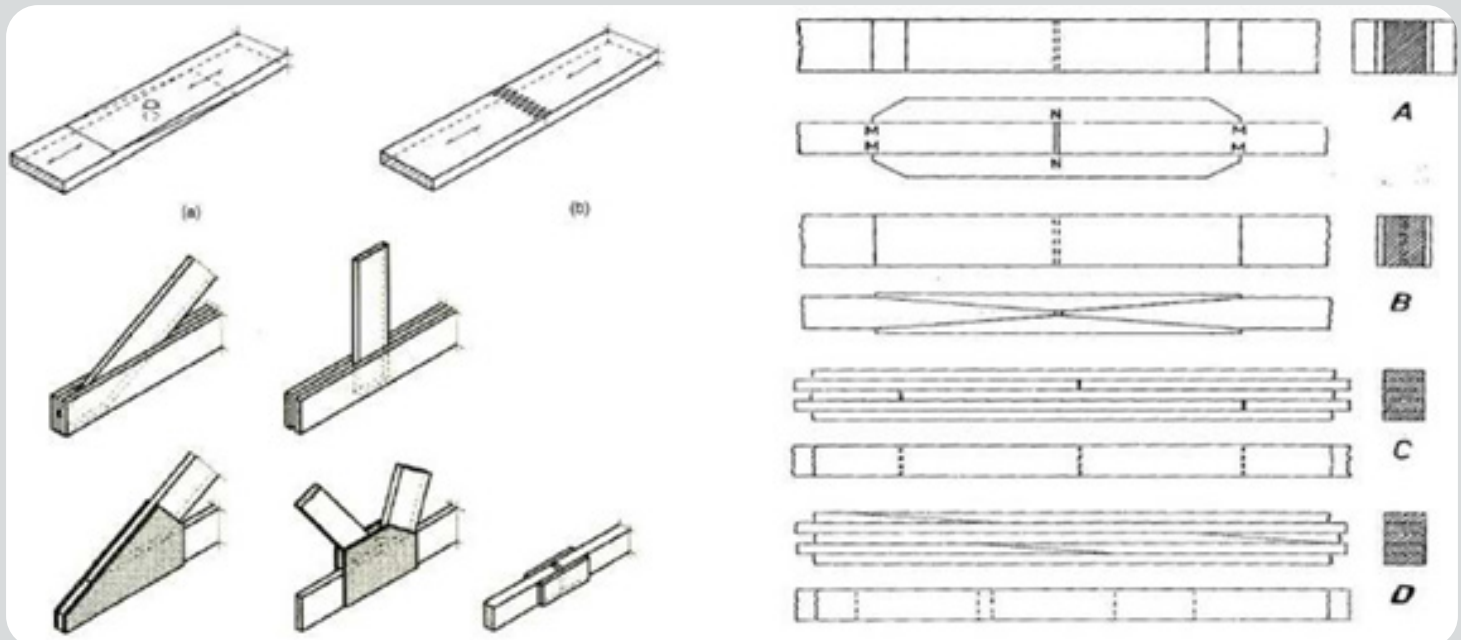


Figura 8. Ligação com adesivos estruturais. Fonte: Carpinteria.

Levantamento de Dados

O levantamento inicial de dados foi realizado por meio de inspeções in loco, onde foram obtidas fotos e medidas detalhadas da estrutura. No total, foram consideradas 17 treliças para a análise, abrangendo um vão total de 40 metros, com espaçamento entre as treliças de 2,50 metros. As treliças possuem dimensões padronizadas de 8,75 metros de comprimento e 1,2 metros de altura. As dimensões das partes constituintes das treliças são de 20x5 cm para o banzo inferior e as diagonais, e 15x5 cm para o banzo superior. As Figuras 9 e 10 apresentam registros fotográficos do local analisado.



Figura 9. Uma fotografia do local analisado



Figura 10. Outra fotografia do local analisado

Problemas Observados

Durante a inspeção das treliças da cobertura do Lar dos Idosos Recanto do Tarumã, foi realizada uma análise detalhada, identificando os principais problemas estruturais existentes. Os aspectos observados são descritos a seguir:

• Deslocamento da Alvenaria:

o O deslocamento da alvenaria ao redor das bases das treliças foi detectado em várias seções da estrutura e na maioria das treliças. Este deslocamento resultou em fissuras e deslocamentos, comprometendo a estabilidade das treliças e sua integração com a estrutura de suporte da cobertura.

o Fissuras e Deslocamentos: Foram registradas fissuras ao redor dos pontos de apoio das treliças, sugerindo movimentos relativos entre a estrutura de madeira e a alvenaria circundante. Esse movimento indica uma falta de coesão entre os elementos estruturais, possivelmente decorrente de diferenças de comportamento entre a madeira e a alvenaria.

o Estrutura Instável: O deslocamento da alvenaria compromete a estabilidade global das treliças, aumentando o risco de falhas estruturais e prejudicando a integridade da cobertura como um todo. O comprometimento da estabilidade pode levar a colapsos localizados e ao agravamento das patologias identificadas.

• Soltura das Ligações entre as Treliças:

o Foi observada a soltura das ligações entre as treliças, o que pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo falhas no projeto das conexões e desgaste decorrente do envelhecimento da estrutura. Sendo uma obra antiga, a manutenção inadequada e a exposição a intempéries ao longo do tempo podem ter contribuído para o desgaste das ligações.

o Verificações das Ligações: As inspeções mostraram sinais de desgaste nas conexões realizadas com parafusos e pregos, incluindo elementos de fixação soltos ou danificados. Essas falhas comprometem a capacidade de transferência de cargas entre os elementos estruturais da treliça.

o Consequências para a Estrutura: A soltura das ligações diminui a eficiência da distribuição de cargas nas treliças, resultando em tensões concentradas em áreas específicas. Esse fenômeno potencializa o risco de colapso localizado, uma vez que as tensões excessivas podem superar a capacidade de resistência da madeira.

o Causas Potenciais: Entre as possíveis causas do deslocamento e da soltura das ligações, foram considerados fatores como assentamento diferencial do solo, variações climáticas ao longo do tempo, e movimentações estruturais. A exposição prolongada a condições adversas pode causar alterações dimensionais na madeira, afetando sua estabilidade e desempenho.

o Impacto Estrutural: O deslocamento e a soltura das ligações comprometem a distribuição uniforme de cargas sobre as treliças. O aumento de pontos de tensão e deslocamentos pode acelerar o processo de deterioração estrutural, resultando na redução da vida útil da estrutura e na necessidade de intervenções de reforço e manutenção.

Análise da Distribuição de Forças com Ftool

Com base nos dados levantados no local, incluindo as medidas das treliças, o vão entre apoios e a espessura das partes de madeira, foram desenvolvidos modelos para análise estrutural. Foram elaborados um desenho 2D da treliça no AutoCAD, um modelo tridimensional no Revit e um modelo de cálculo no Ftool. Esses modelos permitiram uma avaliação precisa das condições estruturais das treliças, auxiliando na identificação dos esforços atuantes e no entendimento do comportamento estrutural.

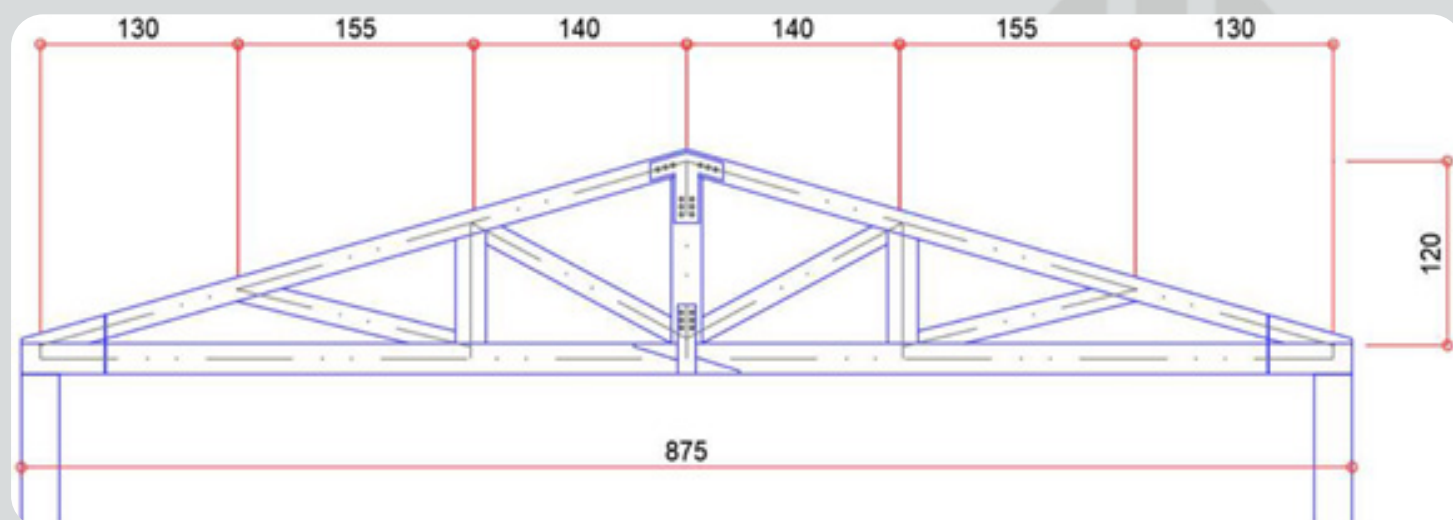


Figura 11: Desenho 2D da treliça em AutoCAD.



Figura 12: Modelo 3D da treliça em Revit.

Modelagem da Estrutura

Para a modelagem da estrutura, foram utilizadas as medidas obtidas durante o levantamento in loco, conforme ilustrado nas figuras anteriores. As treliças analisadas foram construídas com madeiras de lei, cuja densidade foi verificada no levantamento. Embora não tenha sido possível identificar com precisão a espécie da madeira, considerou-se a madeira Angelim Pedra, comumente encontrada na região e largamente utilizada na época em que a edificação foi construída. As dimensões das partes da treliça utilizadas na modelagem foram de 20x5 cm para o banzo inferior e as diagonais, e 15x5 cm para o banzo superior.

As cargas consideradas nos cálculos foram dimensionadas de acordo com a NBR 6120/2019 - Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações, levando em consideração a utilização de telhas do tipo francesa. Assim, foram adotados valores de carga de 0,7 kN/m² para o peso na superfície horizontal e 1 kN/m² como valor característico nominal para cargas variáveis. Além disso, o peso próprio da estrutura da treliça foi incluído nos cálculos, conforme especificado na NBR 7190/2022 - Projeto de Estruturas de Madeira.

O espaçamento entre as treliças é de aproximadamente 2,5 metros. Com esses dados, foram calculadas as cargas lineares atuantes sobre cada treliça, resultando numa carga total vertical de 4,43 kN/m, incluindo o peso próprio da estrutura. As Figuras 13, 14 e 15 apresentam os valores de cargas considerados nos cálculos, assim como a tabela de peso específico da madeira utilizada.

| Composição | Peso na superfície horizontal kN/m ² |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 % | 0,7 |
| Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %. | 0,85 |
| Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira | 0,4 |
| Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço | 0,3 |
| Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio | 0,2 |
| Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira | 0,35 |
| NOTA Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas). | |

Figura 13: Peso das telhas que deve ser adotado. Fonte: NBR 6120/2019.

| Local | | Carga uniformemente distribuída kN/m ² | Carga concentrada kN |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|
| Coberturas a,g,n,o Cargas para estruturas de concreto armado, mistas de aço e concreto e alvenaria estrutural. Outras coberturas: ver 6.4 | Com acesso apenas para manutenção ou inspeção | 1 | 9 |
| | Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas Outros usos: conforme o item pertinente desta Tabela. | 1,5 | 9 |

Figura 14: Carga variável que deve ser adotada. Fonte: NBR 6120/2019.

| Nome comum (dicotiledóneas) | Nome científico | ρ_{ap} (12%) ¹⁾ kg/m ³ | f_{c0} ²⁾ MPa | f_o ³⁾ MPa | f_{90} ⁴⁾ MPa | f_v ⁵⁾ MPa | E_{c0} ⁶⁾ MPa | ⁷⁾ n |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Angelim araroba | <i>Vataireopsis araroba</i> | 688 | 50,5 | 69,2 | 3,1 | 7,1 | 12876 | 15 |
| Angelim ferro | <i>Hymenolobium spp</i> | 1170 | 79,5 | 117,8 | 3,7 | 11,8 | 20827 | 20 |
| Angelim pedra | <i>Hymenolobium petraeum</i> | 694 | 59,8 | 75,5 | 3,5 | 8,8 | 12912 | 39 |
| Angelim pedra verdadeiro | <i>Dinizia excelsa</i> | 1170 | 76,7 | 104,9 | 4,8 | 11,3 | 16694 | 12 |
| Branquilha | <i>Terminalia spp</i> | 803 | 48,1 | 87,9 | 3,2 | 9,8 | 13481 | 10 |
| Cafearana | <i>Andira spp</i> | 677 | 59,1 | 79,7 | 3,0 | 5,9 | 14098 | 11 |

Figura 15: Tabela de peso específico de madeira. Fonte: NBR 7190/2019.

A modelagem da treliça no Ftool permitiu a análise da distribuição das forças ao longo da estrutura, conforme apresentado na Figura 16. Essa modelagem foi crucial para a identificação das cargas atuantes e para a determinação das tensões nos elementos estruturais da treliça.

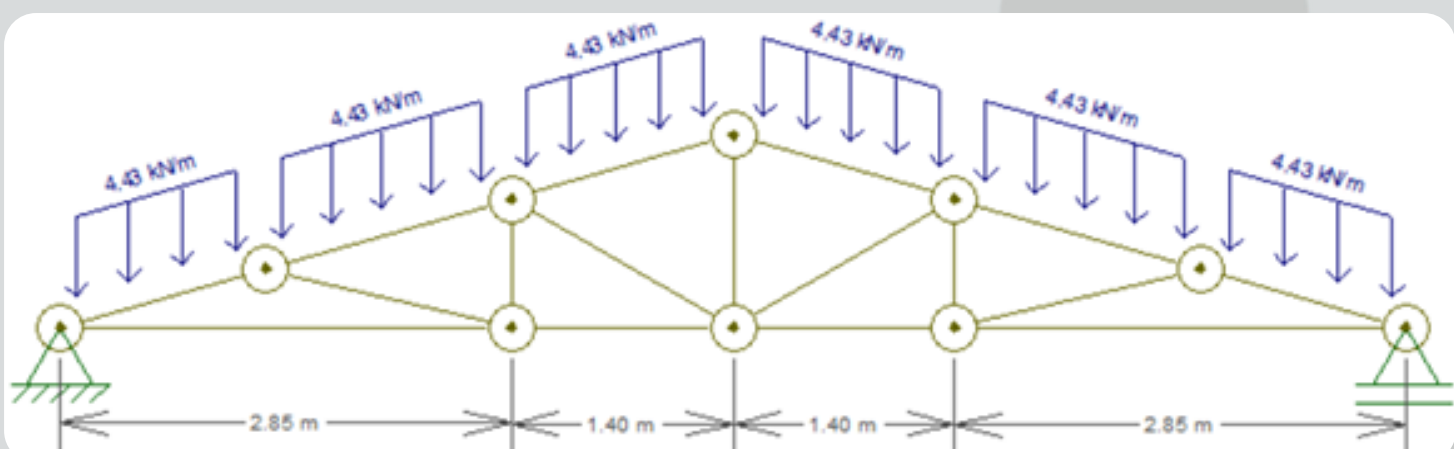


Figura 16: Modelo de cálculo da treliça no Ftool.

Cálculos e Resultados

Os cálculos foram realizados utilizando o software Ftool, que proporcionou uma análise detalhada das forças atuantes na estrutura. Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Maior carga de tração: 58,7 kN
- Maior carga de compressão: 61,8 kN
- Maior carga de cisalhamento: 3,4 kN

As Figuras 17 a 20 apresentam os resultados das análises, incluindo as cargas axiais, esforços cortantes, momentos fletores e deformações identificadas na estrutura da treliça.

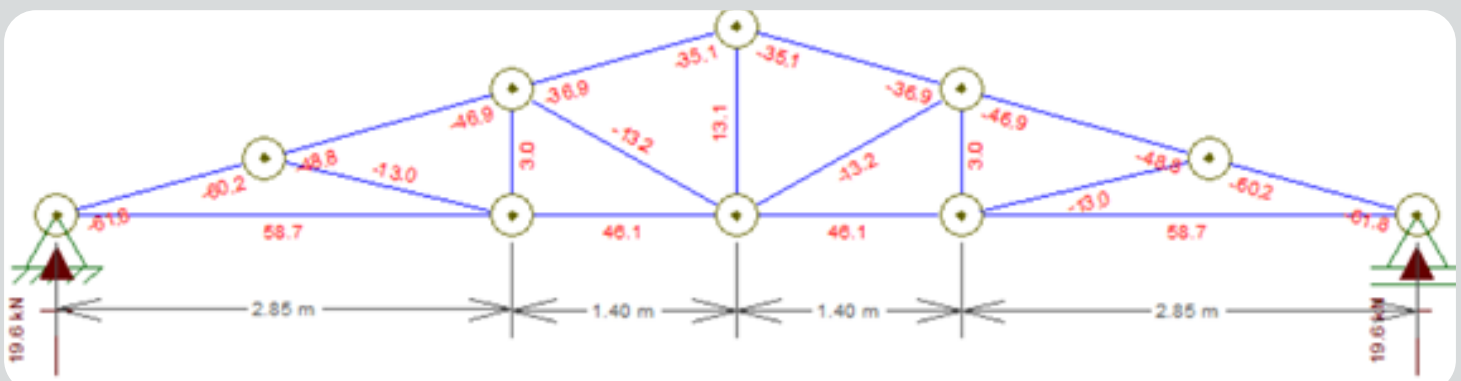


Figura 17: Cargas axiais.

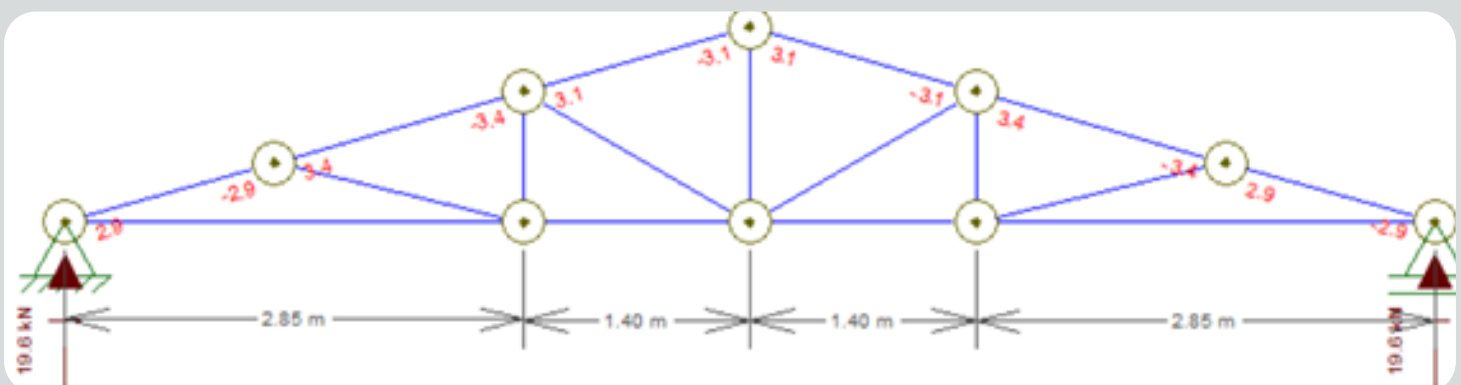


Figura 18: Esforços cortantes.

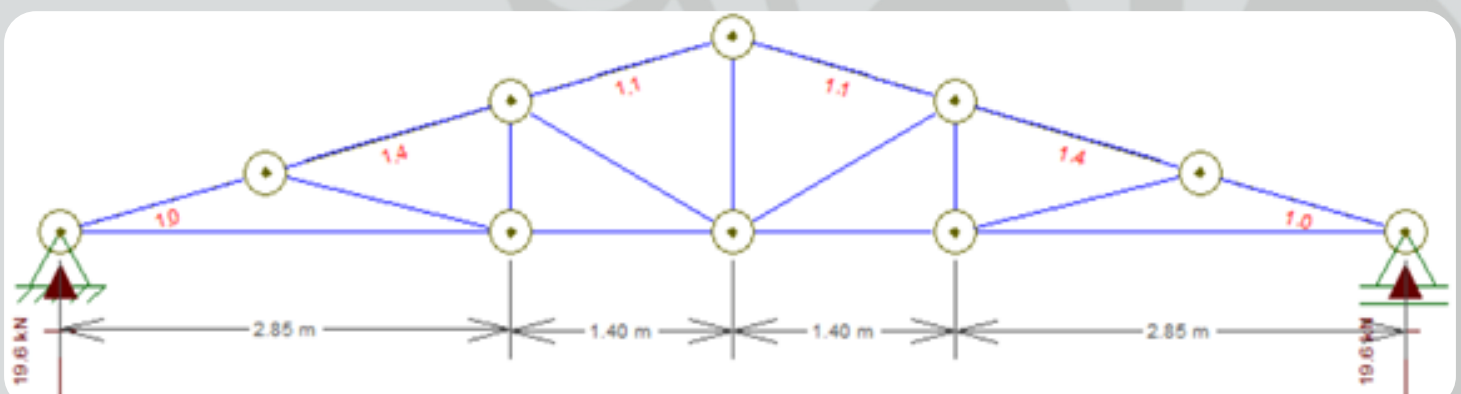


Figura 19: Momentos fletores.

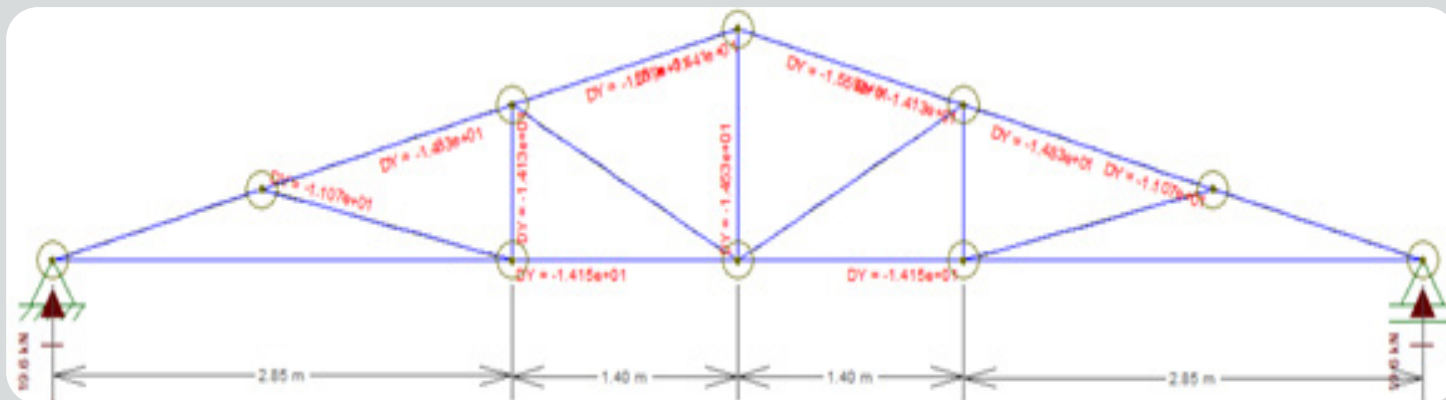


Figura 20: Deformações.

Discussão dos Resultados

Os maiores valores encontrados nos cálculos foram comparados com a tabela de resistência em corpos de prova de madeira Angelim Pedra, conforme especificado na NBR 7190/2022. A tabela considera corpos de prova com dimensões de 5,0 cm de lado e 15,0 cm de comprimento. A análise mostrou que a resistência da madeira à tração, compressão e cisalhamento está abaixo dos valores calculados.

| Nome comum (dicotiledôneas) | Nome científico | $\rho_{ap(12\%)}$ ¹⁾ kg/m ³ | f_{c0} ²⁾ MPa | f_{t0} ³⁾ MPa | f_{t90} ⁴⁾ MPa | f_v ⁵⁾ MPa | E_{c0} ⁶⁾ MPa | n ⁷⁾ |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Angelim araroba | <i>Vataireopsis araroba</i> | 688 | 50,5 | 69,2 | 3,1 | 7,1 | 12 876 | 15 |
| Angelim ferro | <i>Hymenolobium spp</i> | 1 170 | 79,5 | 117,8 | 3,7 | 11,8 | 20 827 | 20 |
| Angelim pedra | <i>Hymenolobium petraeum</i> | 694 | 59,8 | 75,5 | 3,5 | 8,8 | 12 912 | 39 |
| Angelim pedra verdadeiro | <i>Dinizia excelsa</i> | 1 170 | 76,7 | 104,9 | 4,8 | 11,3 | 16 694 | 12 |
| Branquilha | <i>Terminalia spp</i> | 803 | 48,1 | 87,9 | 3,2 | 9,8 | 13 481 | 10 |
| Cafearana | <i>Andira spp</i> | 677 | 59,1 | 79,7 | 3,0 | 5,9 | 14 098 | 11 |
| Canafistula | <i>Cassia ferruginea</i> | 871 | 52,0 | 84,9 | 6,2 | 11,1 | 14 613 | 12 |

¹⁾ $\rho_{ap(12\%)}$ é a massa específica aparente a 12% de umidade.
²⁾ f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras.
³⁾ f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras.
⁴⁾ f_{t90} é a resistência à tração normal às fibras.
⁵⁾ f_v é a resistência ao cisalhamento.
⁶⁾ E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.
⁷⁾ n é o número de corpos-de-prova ensaiados.

NOTAS
1 Coeficiente de variação para resistências a solicitações normais $\delta = 18\%$.
2 Coeficiente de variação para resistências a solicitações tangenciais $\delta = 28\%$.

Tabela 1: Resistências da madeira em corpos de prova. Fonte: NBR 7190.

Portanto, a análise conclui que o problema das treliças não está relacionado ao dimensionamento da estrutura ou às dimensões das peças de madeira que compõem a treliça. Em vez disso, os problemas identificados parecem estar associados à forma como as ligações entre as partes da treliça foram executadas. A ineficácia das ligações pode ter levado à distribuição inadequada das cargas e ao surgimento de tensões concentradas, comprometendo a integridade estrutural das treliças ao longo do tempo.

Opções de Solução

Com base na análise estrutural realizada e nos problemas identificados nas treliças da cobertura, foram propostas diferentes opções de solução visando o reforço e a manutenção das treliças de madeira. Estas soluções buscam assegurar a integridade estrutural e a segurança da cobertura, mitigando os riscos associados à instabilidade das ligações e ao deslocamento da alvenaria.

Substituição de Peças Danificadas

Uma das opções propostas é a substituição das peças de madeira que apresentam sinais de deterioração, como fissuras, empenamentos ou desgaste significativo. A substituição de peças comprometidas pode restaurar a capacidade de carga da treliça e eliminar pontos de fragilidade. O processo envolve a remoção cuidadosa das peças danificadas, seguida da instalação de novas peças de madeira com propriedades mecânicas adequadas.



Figura 22. Exemplo de escoramento das treliças.

Para a substituição, recomenda-se a utilização de madeira de alta resistência, como o Angelim Pedra, garantindo que as novas peças possuam dimensões e características compatíveis com as originais. É essencial realizar um escoramento provisório da estrutura durante a substituição das peças para evitar sobrecargas e assegurar a estabilidade da cobertura.

Reforço com Tirantes de Aço

Outra solução proposta é o reforço das treliças por meio da adição de tirantes de aço, que podem ajudar a redistribuir as cargas e aumentar a resistência global da estrutura. Os tirantes podem ser instalados nas diagonais e nos banzo superior e inferior, proporcionando um caminho alternativo para a transferência das cargas.

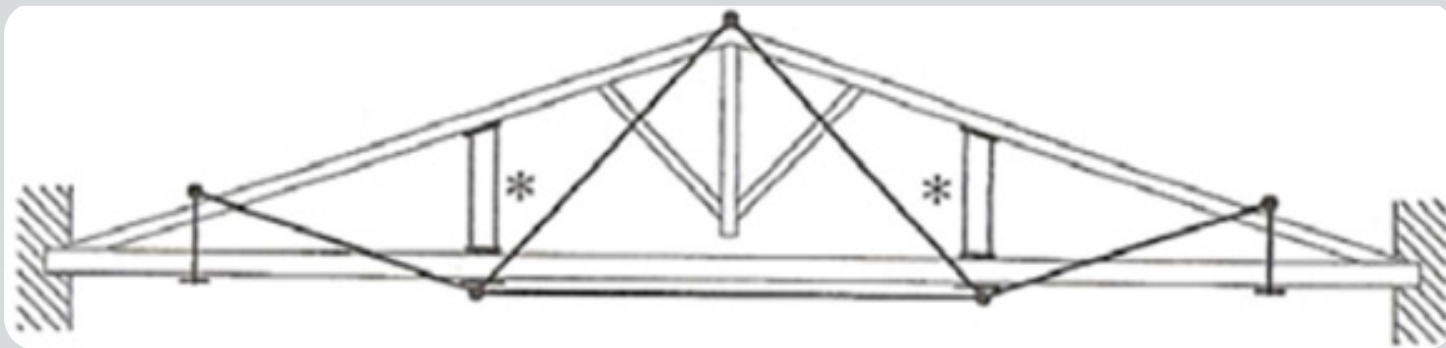


Figura 23: Esquema de reforço com tirantes de aço.

O uso de tirantes de aço é especialmente eficaz em situações onde as ligações das treliças apresentam sinais de desgaste ou falha. Este reforço contribui para a estabilidade da estrutura e pode ser aplicado sem a necessidade de grandes intervenções. A instalação dos tirantes deve ser realizada de forma precisa, tensionando adequadamente para garantir sua eficiência na redistribuição das cargas.

Reforço das Ligações

Dado que as ligações são pontos críticos nas treliças analisadas, um reforço específico das conexões entre as partes da treliça é fundamental. Isso pode ser feito através da adição de chapas metálicas nas junções, fixadas com parafusos ou pinos de alta resistência, garantindo uma conexão robusta e durável.

A aplicação de chapas metálicas nas ligações melhora significativamente a capacidade de transferência de cargas nas junções da treliça. Este reforço é particularmente importante nos pontos onde foram identificadas fissuras e deslocamentos, aumentando a resistência ao cisalhamento e à tração nas ligações.

Tratamento Químico para Preservação da Madeira

Além dos reforços estruturais, o tratamento químico da madeira é uma medida preventiva que pode prolongar a vida útil das treliças. O tratamento envolve a aplicação de produtos preservativos que protegem a madeira contra insetos, fungos e umidade, reduzindo o risco de degradação ao longo do tempo.

Esse procedimento é especialmente relevante em estruturas de madeira expostas a condições adversas, como umidade elevada ou variações climáticas. O tratamento deve ser realizado seguindo as normas técnicas e as recomendações dos fabricantes dos produtos, assegurando a eficácia e a segurança do processo.

Escoramento Temporário

Para a execução das soluções propostas, especialmente a substituição de peças e o reforço das ligações, é necessário implementar um sistema de escoramento temporário da estrutura. O escoramento garante a estabilidade da cobertura durante as intervenções e previne sobrecargas que possam comprometer a integridade da treliça durante o processo de reparo.



Figura 24: Exemplo de reforço das ligações com tirantes.

O escoramento deve ser projetado considerando as cargas atuantes e deve ser instalado antes do início dos trabalhos de reforço ou substituição das peças. Após a conclusão dos reparos, o escoramento pode ser removido, desde que a integridade estrutural da treliça esteja restabelecida.

Discussão das Soluções Propostas

As soluções propostas foram avaliadas quanto à sua eficácia, custo e viabilidade de execução. A substituição de peças danificadas e o reforço com tirantes de aço são medidas que podem restabelecer a capacidade de carga da treliça e aumentar sua vida útil. O reforço das ligações com chapas metálicas proporciona uma conexão mais segura entre os elementos, corrigindo uma das principais causas de instabilidade observada.

O tratamento químico da madeira, embora não contribua diretamente para o reforço estrutural, é uma medida preventiva que pode evitar o surgimento de novas patologias. A implementação dessas soluções requer um planejamento cuidadoso e a execução por profissionais qualificados, garantindo a segurança e a eficiência do processo de recuperação estrutural.

Conclusão

Após a análise detalhada da estrutura de madeira e das patologias identificadas, conclui-se que o reforço nas treliças de madeira da edificação é crucial para a manutenção da segurança e para o aumento da durabilidade da cobertura do Lar de Idosos Recanto do Tarumã. Estruturas de madeira, especialmente as antigas, podem apresentar sinais de deterioração devido a diversos fatores, como umidade, ataque de insetos e o envelhecimento natural do material. Esses problemas podem comprometer a estabilidade estrutural e, conseqüentemente, a segurança da edificação.

A análise mostrou que diversas técnicas de reforço podem ser efetivamente aplicadas para corrigir as patologias encontradas. Dentre as soluções propostas, destacam-se o uso de chapas metálicas, que podem ser fixadas nas áreas críticas da estrutura para aumentar a capacidade de suporte das treliças. Esse método contribui para a distribuição mais uniforme das cargas, ajudando a prevenir o surgimento de novas fissuras e deformações. Além disso, a inserção de tirantes de aço mostrou-se uma alternativa eficiente para reforçar a estrutura, redistribuindo as forças e aliviando as tensões nos pontos de ligação.

O investimento em reforço estrutural é fundamental não apenas para proteger o investimento inicial da construção, mas também para prolongar a vida útil dos materiais empregados. Essa intervenção possibilita que estruturas mais antigas, como a do Lar de Idosos, sejam modernizadas e adaptadas para atender às normas de segurança vigentes, sem comprometer a integridade estrutural original.

Além disso, o tratamento químico da madeira foi identificado como uma medida preventiva relevante, capaz de evitar o surgimento de novas patologias ao proteger a madeira contra insetos, fungos e umidade. Este tratamento, combinado com reforços estruturais adequados, pode garantir uma longevidade significativamente maior para a estrutura.

Em resumo, o reforço em estruturas de madeira, quando bem executado, não só resolve problemas de deterioração e fragilidade, mas também abre novas possibilidades de uso e adaptação para o futuro. Isso garante que construções como o Lar de Idosos Recanto do Tarumã continuem a desempenhar um papel vital e seguro no ambiente construído, preservando seu valor funcional e histórico. A adoção dessas medidas de reforço e manutenção é, portanto, uma estratégia eficaz para garantir a segurança, a durabilidade e a sustentabilidade das estruturas de madeira em edificações antigas.

Orientador: Professor Fernando Castillo Vicencio

Acadêmicos: Aleksandro L. Rosa; Andrielle Kovaliki; Carolina da S. Ribeiro; Carlos E. H. Bedin; Dyego H. Soares; Eduardo Andrade; Felipe W. Fanha; Gabriel D. Campos; Gustavo Ribas; José G. Novaki; Lucas T. F. de Souza; Magdiel do C. de Oliveira; Maria E. Scremin; Matheus Lira; Paola L. Stupp; Rafael Damasceno; Renan Bonfim; Ricardo Peccher; Thales E. Selbach; Witor Moura.