

ANÁLISE ESTRUTURAL EM PÓRTICO DE MADEIRA ROLIÇA DE EUCALIPTO (*CORYMBIA CITRIODORA*) DO EDIFÍCIO ESCOLA DE MARCENARIA

STRUCTURAL ANALYSIS IN ROUND WOOD FRAME OF EUCALYPTUS (*CORYMBIA CITRIODORA*) OF ESCOLA DE MARCENARIA BUILDING

Takashi Yojo ⁽¹⁾, Raphael J.B. Pigozzo ⁽²⁾, Maria José de Andrade Casimiro Miranda ⁽³⁾, Cassiano Oliveira de Souza ⁽⁴⁾, Sergio Brazolin ⁽⁵⁾

(1) Dr Engenheiro Civil, pesquisador, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brasil

(2) Mestre Biólogo, assistente de pesquisa, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brasil

(3) Mestre em Ciência e Tecnologia de Madeiras, pesquisadora, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brasil

(4) Físico, assistente de pesquisa, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brasil

(5) Dr Biólogo, pesquisador, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, Brasil

Endereço de contato: yojos@ipt.br

Código de identificação: T6-42

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de uma avaliação estrutural de telhado do Edifício Escola de Marcenaria, localizado no Parque Anhanguera, em São Paulo, SP. A estrutura, construída com um sistema de pórticos de madeira roliça parafusada, apresentou deformação em forma de flecha acima do valor permitido na norma ABNT NBR 7190:1997 Projeto de Estruturas de Madeira. Foi feita a investigação das causas da deformação dos pórticos, através da verificação do projeto executivo, da situação da estrutura na edificação realizada por meio de inspeção da estrutura no local e da análise estrutural de modelo construído com o auxílio do programa SAP 2000 (versão 14). O cálculo estrutural com informações do projeto executivo resultou em flecha acima do valor máximo normativo o que promoveu o acúmulo de água sobre o telhado. Com esse aumento de carga, ocorreu a ruptura de peças de madeira das vigas dos pórticos. Pode-se concluir, pela análise realizada, que o modelo estrutural inadequado utilizado no projeto executivo, sem a consideração da deformação das ligações, resultou um erro no cálculo da flecha dos pórticos. Em vista da situação, recomendou-se a interdição imediata da edificação e escoramento de todos os pórticos até que medidas corretivas fossem realizadas.

Palavras chave: estrutura de madeira; pórtico; projeto executivo; análise estrutural

Abstract

This article describes the results of an evaluation done on the roof structural timber of Edifício Escola de Marcenaria, located in Parque Anhanguera, Sao Paulo, Brazil. The structural, which was assembled in a frame composed of round bolted poles, which presented a deflection higher than allowed by ABNT NBR 7190:1997 – “Projeto de Estruturas de Madeira”. The root cause analysis of deformation of structure was done through the executive Project, the information obtained in the site inspection and the simulation using the software SAP 2000 (version 14). After the numerical simulation it was possible to notice that the larger deformation was due to lack of stiffness between connections and poles. Considering the flexibility of connection in the deflection calculus, it was observed a deflection increase. As consequence, the roof was overloaded due to accumulation of rain, leading to break up of some poles. According to this analysis, the structural model adopted in the executive project was considerate inadequate, and it was recommended to interdict and strengthen the structure.

Keywords: wood structure, frame, executive Project, structural analysis

1. INTRODUÇÃO

Foi solicitado ao IPT a avaliação estrutural de pórticos de madeira roliça do telhado do edifício denominado de Escola de Marcenaria, localizado no Parque Anhanguera, no município de São Paulo. Em fevereiro de 2012 foi relatada a observação de flechas nos pórticos no início da execução da obra. Com o decorrer do tempo, observou-se um aumento das flechas, o que ocasionou o acúmulo de água da chuva sobre o telhado. Por indicação de um engenheiro calculista foi realizada a sobre-elevação dos pórticos para reestabelecer a inclinação mínima de 3% da cobertura. A obra foi entregue em 17 de dezembro de 2012 e após um ano foi comunicado ao responsável que a estrutura apresentava risco de queda. Após reunião com o Departamento de Parques e Áreas Verdes - DEPAVE da prefeitura de São Paulo, órgão responsável pelo edifício, foi realizado o escoramento provisório do pórtico mais problemático, situação mantida até o momento desta avaliação. O Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis - LAMM do Centro de Tecnologia de Recursos Florestais - CT-FLORESTA do IPT realizou a avaliação das causas da deformação do pórtico, considerando as informações do projeto executivo e dados coletados pela equipe do IPT na estrutura.

Para modelar o comportamento estrutural a deformação devida às ligações flexíveis parafusadas foi considerada. A premissa básica foi a montagem de pórtico formado por madeiras roliças interagindo com os parafusos devidamente vinculados, em vez de se utilizar os coeficientes de rigidez propostos pelo Eurocode 5. A deformação devida às ligações flexíveis foi obtida como sendo a somatória das deformações dos parafusos à flexão. As flechas no pórtico podem ser assim obtidas, cujos resultados são equivalentes às aquelas obtidas com a utilização dos coeficientes das ligações. A análise estrutural do pórtico foi feita por método de elementos finitos com os parâmetros dos postes de madeira e parafusos.

2. OBJETIVO

Investigar as causas da formação da flecha excessiva nos pórticos de madeira roliça da estrutura de telhado do Edifício Escola de Marcenaria, verificando-se a premissa de cálculo de projeto executivo e o estado da obra.

3. METODOLOGIA

3.1 Leitura do projeto executivo

Os pontos importantes observados nessa planta foram as distâncias entre os componentes do pórtico e as dimensões idealizadas para as peças de madeira roliça (postes) e para as uniões madeira/madeira e madeira/metal. Além dessas informações, para os cálculos estruturais, foram utilizados os dados sobre a espécie de madeira e suas características mecânicas; os tipos e valores dos carregamentos utilizados; as tolerâncias admitidas de desvios de projeto e os coeficientes de majoração aplicados.

3.2 Levantamento das características do pórtico do edifício

Foram medidos os perímetros dos postes da viga principal do lado esquerdo do pórtico através de fita métrica, na região entre os Pilares 2 e 3, para determinação do diâmetro. O tipo e execução das uniões foram observados, assim como o comportamento da estrutura. Problemas de rupturas, rachaduras e demais defeitos mecânicos nas peças e na estrutura foram registrados.

A flecha foi definida como a diferença entre a posição inicial da viga principal do pórtico indicada no projeto e sua posição após o carregamento. Para determinar a flecha real do pórtico foram realizadas medidas, com trena laser, das alturas da viga principal até o piso em diferentes

pontos entre os pilares internos. Em seguida a flecha foi calculada corrigindo-se os valores medidos com o diâmetro das peças e a inclinação indicada no Projeto.

Foram coletados segmentos dos três postes que compõem a viga principal para identificação botânica, determinação da densidade de massa aparente e de retenção do tratamento preservativo.

3.3 Análise estrutural

A documentação do projeto executivo disponibilizado ao IPT não incluiu o memorial de cálculo estrutural utilizado. Portanto, para a análise estrutural o Laboratório realizou o cálculo com as informações constantes na planta fornecida e segundo a norma ABNT NBR 7190:1997 - Projeto de estruturas de madeira.

O modelo da estrutura foi construído no programa SAP 2000 (versão 14) como um conjunto de elementos representando os postes e as uniões parafusadas, além de sua geometria. Em seguida foi aplicada a carga de peso próprio da estrutura e obtida a flecha teórica da viga principal e esforços internos dos elementos.

3.3.1 Avaliação da flecha teórica

A flecha teórica obtida no modelo foi avaliada segundo a norma ABNT NBR 7190:1997. Nessa norma, a flecha máxima admitida para a carga devido ao peso próprio deve ser inferior a 1/200 do vão livre.

Para o cálculo estrutural da flecha a norma indica o uso do **módulo de elasticidade efetivo** ($E_{c0,ef}$), que é o produto do valor médio dessa propriedade da madeira por **coeficientes de modificação** em função da classe de carregamento da estrutura ($k_{mod,1}$), da classe de umidade admitida ($k_{mod,2}$) e classificação da madeira ($k_{mod,3}$), conforme abaixo.

$$E_{c0,ef} = k_{mod,1} \times k_{mod,2} \times k_{mod,3} \times E_{c0,m} \quad (1)$$

Onde

$E_{c0,m}$ é a média do módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras a 12% de teor de umidade.

3.3.2 Cálculo dos esforços internos

Para o cálculo dos esforços internos foi aplicada a carga decorrente do peso próprio da estrutura e a carga adicional, decorrente do acúmulo de água da chuva sobre a cobertura.

As forças normais de tração e compressão e os momentos fletores foram determinados com o uso do programa SAP 2000. Em seguida esses dados foram utilizados para o cálculo da tensão atuante de projeto ($\sigma_{N+M,d}$), que é a soma da tensão atuante das forças normais (tração ou compressão) (σ_{Nd}) e da tensão atuante por flexão (σ_{Md}), majorados segundo a norma ABNT NBR 7190:1997 pelo fator de 1,3.

$$\sigma_{N+M,d} = 1,3 \times (\sigma_N + \sigma_M) \quad (2)$$

A tensão atuante de projeto por compressão ou tração é dada por:

$$\sigma_{Nd} = \frac{F_d}{A} \quad (3)$$

Onde

F_d é a força de compressão ou tração de projeto;

A é área da da seção transversal.

A tensão atuante de projeto por flexão é dada por:

$$\sigma_{Md} = \frac{M_d}{W} \quad (4)$$

Onde

M_d é o momento fletor atuante de projeto;

W é o momento resistente da seção transversal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Projeto executivo

Um módulo do pórtico (metade da estrutura) corresponde a três peças de madeira roliça (postes) unidos, formando uma viga composta (viga principal), duas vigas simples, três pilares, elementos de travamento, uniões parafusadas e fundações (Figura 1). O diâmetro de projeto das vigas e dos pilares foi de 300 mm.

Além desses, também foram levados em consideração para o cálculo estrutural o diâmetro dos barrotes (250 mm) e das terças (190 mm).

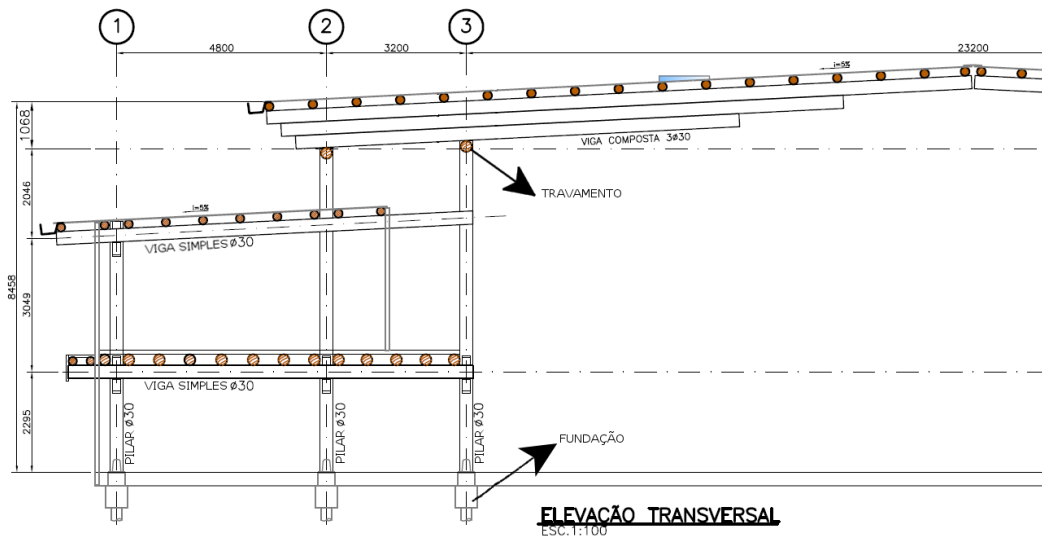


Figura 1: Desenho do módulo básico do pórtico retirado da planta disponibilizada.

Na Figura 2, para união das três peças da viga composta foi indicada a utilização de 44 estribos internos com 19 mm de diâmetro e 22 cunhas metálicas (100 x 100 mm x 7,5 mm de espessura). O espaçamento entre os estribos variou de 200 mm a 400 mm, sendo que a maior parte foi de 300 mm. As cunhas estavam separadas a cada 600 mm.

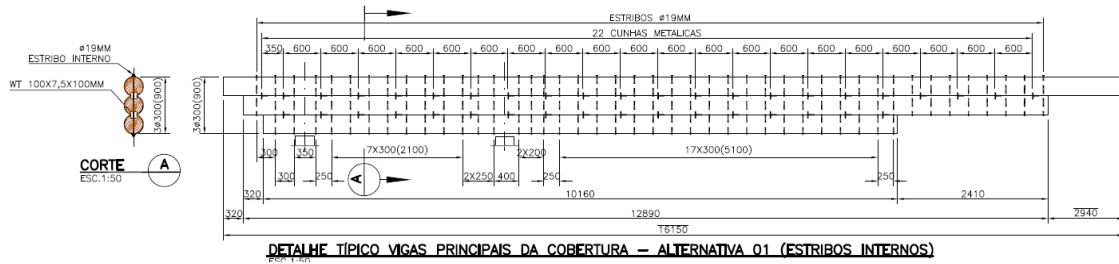


Figura 2: Desenho da viga composta (principal) do pórtico detalhando a alternativa de união utilizada na edificação.

A união da viga composta aos pilares foi idealizada utilizando-se duas chapas metálicas de 16 mm de espessura conectadas por parafusos passantes. Foi indicada a utilização de três parafusos de 22 mm de diâmetro em cada poste da viga e nove parafusos no pilar (Figura 3).

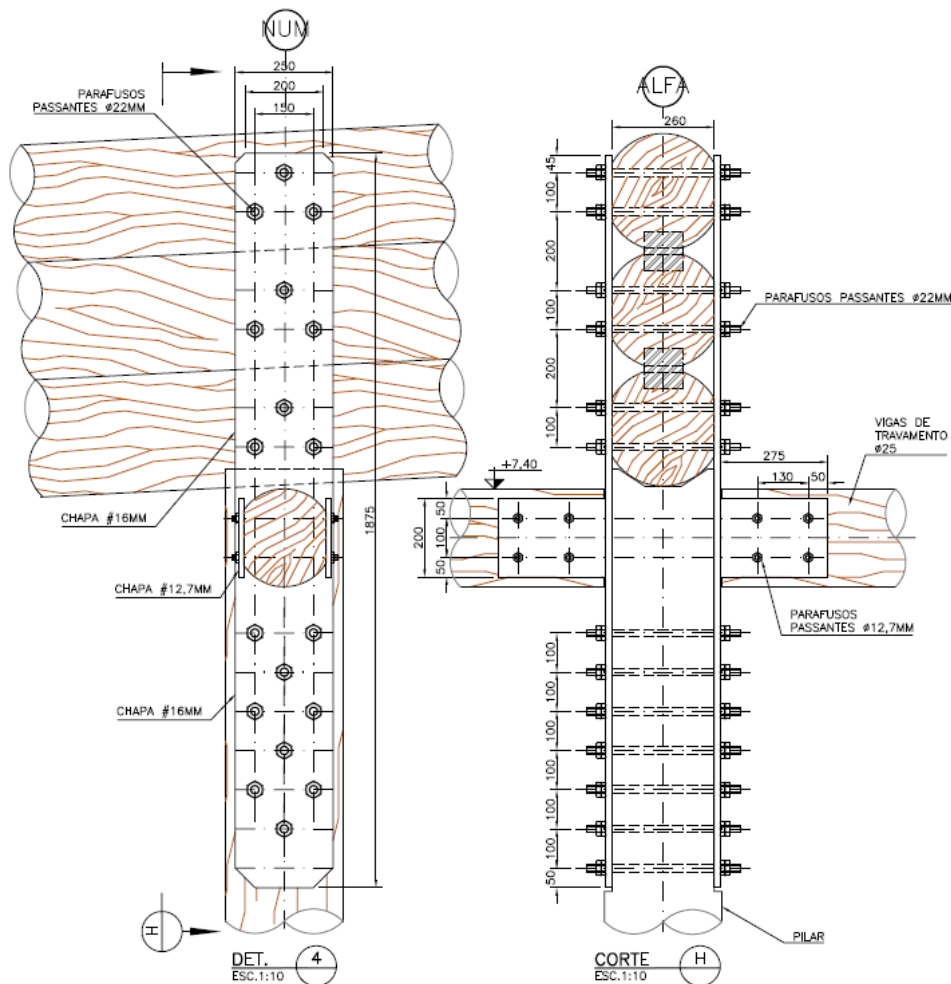


Figura 3: Detalhe da união entre as vigas compostas e os Pilares 2, 3, 4 e 5 do pórtico.

A madeira indicada no projeto foi eucalipto citriodora, cujo nome científico é *Corymbia citriodora*. As propriedades médias dessa espécie de madeira indicadas no projeto e aplicadas no cálculo estrutural foram:

- Densidade da madeira: 999 kg/m³;
- Resistência à flexão: 123,6 MPa;
- Resistência à compressão paralela às fibras: 62 MPa;

Resistência ao cisalhamento: 10,7 MPa.

Esses valores correspondem aos encontrados na norma ABNT NBR 7190:1997 - Projeto de estruturas de madeira - Anexo E para madeira a 12% de umidade.

Demais valores utilizados para os cálculos estruturais foram as cargas do revestimento do piso (100 kgf/m^2) e do material de cobertura (25 kgf/m^2).

Outras informações necessárias para o cálculo estrutural e que não constavam no projeto executivo foram obtidas da literatura. São elas:

Módulo de elasticidade a compressão axial ($E_{c0,m}$) da madeira de *Corymbia citriodora*: 18.421 MPa;

Módulo de elasticidade do aço: 210 000 MPa.

4.2 Características do pórtico

O Pórtico 1 apresentado na Foto 1 se encontrava escorado por um andaime tubular na região central das vigas compostas. É possível observar a curvatura dos postes dessas vigas, em especial na peça superior, devido ao efeito de flexão. Nessa foto também é possível se notar a sobre-elevação relatada a partir de calços dispostos sob as terças.



Foto 1: Vista das vigas compostas do Pórtico 1 apoiadas no andaime. As setas indicam os calços sob as terças que sustentam a cobertura do telhado.

No local, foram observados outros pórticos com deformações decorrentes do peso próprio. Portanto, além da flecha no Pórtico 1, foram medidas também as flechas do Pórtico 3, com situação semelhante, e do Pórtico 2, que apresentava menor deformação (Tabela 1).

Além do efeito de flexão da viga composta, contribuiu também para a deformação dos Pórticos 1 e 3 a ocorrência de ruptura dos postes na região apoiada sobre o Pilar 3, como pode ser observado nas Fotos 2 e 3.

Tabela 1: Flechas medidas nos Pórticos 1, 2 e 3.

Pórtico 1		Pórtico 2		Pórtico 3	
Distância do Pilar 3 (m)	Flecha total (mm)	Distância do Pilar 3 (m)	Flecha total (mm)	Distância do Pilar 3 (m)	Flecha total (mm)
0,5	0	0,5	0	0,5	0
2,0	-116	2,0	-60	2,0	-81
4,0	-321	4,0	-116	4,0	-213
6,0	-479	6,0	-206	6,0	-372
8,0	-829	8,0	-427	8,0	-554
10,0	-1141	10,0	-644	10,0	-857
10,8	-1239	11,4	-750	11,2	-994
11,7	-1205	11,8	-755	12,0	-980
12,4	-1114	13,2	-619	13,2	-845
14,4	-725	15,2	-403	15,2	-538
16,4	-399	17,2	-185	17,2	-303
18,4	-232	19,2	-109	18,9	-191
20,1	-143	21,2	-59	21,2	-66
22,4	-23	22,7	0	22,7	0
22,7	0	-	-	-	-

Obs: Os valores das flechas foram determinados a partir da diferença das medidas com a elevação do pórtico, segundo o projeto, em diferentes distâncias do Pilar 3. Os valores em negrito indicam a flecha máxima encontrada na viga composta.

No primeiro dia de inspeção houve ocorrência de chuva e foi possível se verificar a consequência da deformação para o acúmulo de água sobre a cobertura do telhado. Na região do Pórtico 1 apoiada com andaime, havia na cobertura um orifício feito como medida paliativa para o escoamento da água acumulada sobre o telhado. Mesmo com os calços sob as terças do telhado (Foto 1), foi observada a formação de poças de água sobre a cobertura (Foto 4).

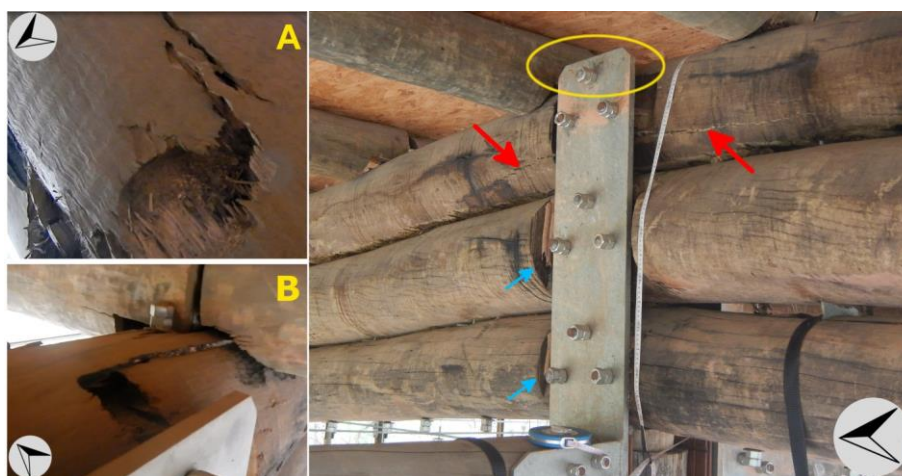


Foto 2: Vista lateral do Pórtico 1, na região do Pilar 3. É possível observar rachaduras longitudinais (setas vermelhas) e o recorte na peça para encaixe da placa metálica (setas azuis). As imagens A e B são destaques da superfície acima do poste superior, indicando a ruptura da peça.

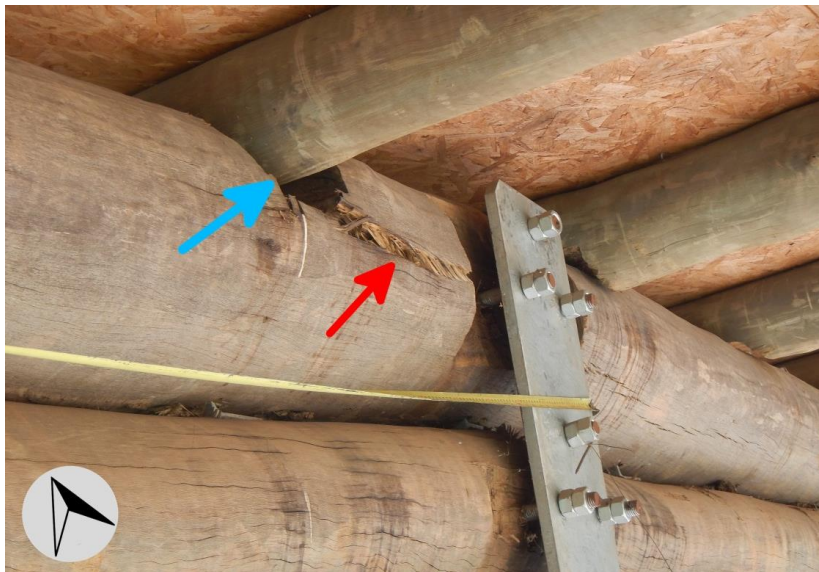


Foto 3: Ruptura no Pórtico 3, no Pilar do eixo 3. As setas indicam parte da ruptura, observada na lateral.



Foto 4: Depressão na cobertura do telhado causada pela deformação do Pórtico 2.

Os resultados das medidas de diâmetro dos postes que compõem a viga principal esquerda do Pórtico 2, assim como a identificação botânica, as densidades de massa e retenção do produto preservativo determinados nos segmentos coletados dessas peças são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Diâmetro, densidade de massa, retenção do produto preservativo e identificação botânica dos postes do Pórtico 2, lado esquerdo.

Segmento (Poste)	Diâmetro (mm)	Densidade de massa (kg/m ³)	Retenção do produto preservativo (kg/m ³)	Identificação botânica
Superior	344	999	12,4	eucalipto, <i>Corymbia citriodora</i> , Myrtaceae
Intermediário	366	955	16,7	
Inferior	306	959	21,3	

A madeira identificada como eucalipto (*Corymbia citriodora*) está de acordo com o tipo indicado no projeto executivo. Os diâmetros e densidade de massa determinados, apresentaram pouca diferença com relação ao indicado nesse projeto. Portanto, na análise estrutural foram utilizados os dados apresentados no projeto: diâmetro de 300 mm, densidade de massa a 12% de umidade de 999 kg/m^3 e as propriedades mecânicas do eucalipto informadas na norma ABNT:NBR 7190:1997. Contudo foram observados defeitos de rachaduras longitudinais e recortes nos postes da viga composta (Foto 2). Os recortes nas peças foram realizados para ajuste de encaixe entre as peças (chapa metálica e terças). Um dos recortes foi realizado em uma região de máxima solicitação e pode ter contribuído para a ruptura de uma das vigas do Pórtico 3 (Foto 3).

A análise da retenção de produto preservativo apresentou valores de concentração elevados para os elementos cobre, cromo e boro indicando a utilização do preservativo CCB. As retenções determinadas encontram-se muito próximas ou acima da concentração mínima exigida ($12,8 \text{ kg/m}^3$) para a categoria de uso 5 (contato com o solo, água doce e outras situações favoráveis à deterioração, como engaste em concreto e alvenaria) na norma ABNT NBR 16143 2013 - Preservação de Madeiras Sistemas de Categorias de Usos. As determinações também sugeriram a utilização de processo de tratamento preservativo de madeiras sob pressão em autoclave.

Pode-se verificar no projeto executivo a indicação de tratamento por pincelamento do produto preservativo CCA. Tal indicação não é recomendada, pois o processo de preservação por pincelamento confere uma proteção superficial a madeira e o produto CCA é de uso exclusivo para o tratamento industrial em autoclave.

4.3 Análise Estrutural

Para esta análise foi elaborado um modelo estrutural que considerou a rigidez das uniões flexíveis oriundas das ligações parafusadas. Esse modelo consistiu em um sistema de pórticos com vigas compostas de três postes unidos por meio de estribos internos (parafusos passantes), apoiados e unidos em pilares de madeira roliça (Figura 4).

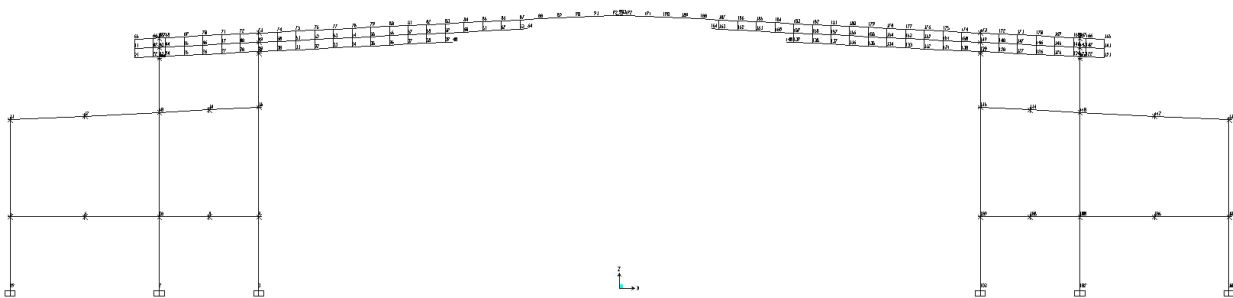


Figura 4: Esquema estrutural com o eixo de todos os elementos estruturais correspondentes à Figura 1.

Para o cálculo estrutural, o modelo construído considerou as seguintes hipóteses:

Viga composta com rigidez resultante das uniões dos três postes com os parafusos passantes, tendo um valor intermediário entre três postes soltos e três postes monolíticos.

União da viga composta com o Pilar 2 de rigidez determinada pela interação dos parafusos, placas metálicas e peças de madeira.

Pilar 3 com rigidez resultante da interação de uniões e peças de madeira, permitindo deslocamento do ponto de união com a viga composta nesse eixo.

As uniões parafusadas foram modeladas como ligações flexíveis oriundas da flexão dos parafusos.

4.3.1 Avaliação da flecha teórica

Na data de avaliação, a obra apresentava dois anos de sua conclusão. Logo, para o cálculo do módulo de elasticidade efetivo ($E_{c0,ef}$) empregado no modelo foi utilizado o coeficiente de modificação para classe de carregamento de dois anos ($k_{mod,1} = 0,7$), indicado na norma ABNT NBR 7190:1997.

$$E_{c0,ef} = 0,7 \times 18421 = 12895 \text{ MPa} \quad (5)$$

A flecha teórica obtida no modelo considerando apenas a carga de peso próprio foi de 722 mm (Figura 5). O valor máximo da flecha medida no Pórtico 2 (755 mm) foi apenas 4% maior que o teórico. Isso indica que o modelo de cálculo é adequado para a avaliação estrutural do pórtico em questão.

A flecha máxima admissível estabelecida pela norma ABNT NBR 7190:1997 é de 116 mm (1/200 do vão livre de 23,20 m). A flecha teórica está **seis vezes** maior do que a máxima admitida, indicando que a estrutura precisaria ser redimensionada para atender a este requisito.

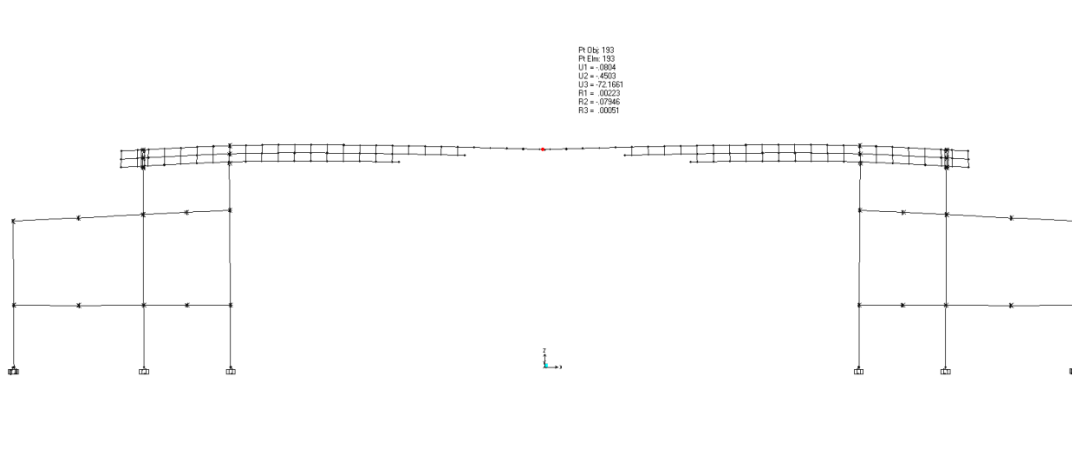


Figura 5: Flecha de 722 mm no ponto central do pórtico.

4.3.2 Cálculo dos esforços internos

Para determinar as causas da ruptura dos postes, foram analisados os esforços internos de compressão/tração e flexão concentrados nos pontos das vigas compostas imediatamente acima dos pilares internos (3 e 4). Nesse ponto, denominado de engastamento, os momentos fletores atingem o valor máximo.

Nesta análise, além da carga de peso próprio da estrutura, foi adicionada a carga calculada decorrente do volume de água possível de ser acumulado devido à flecha do Pórtico 2 (Tabela 1). Esse volume foi de $9,56 \text{ m}^3$, o que equivale a 9 560 kgf de peso extra na temporada de chuva. É importante ressaltar que esse peso adicional acarreta aumento da flecha e consequente aumento da capacidade de acúmulo de água.

Nas forças normais atuantes (F), obteve-se o valor máximo por tração no poste superior de 22 897 kgf e o valor máximo de compressão no poste inferior de 19 669 kgf (Figura 6). A tensão atuante de tração no poste superior foi calculada considerando o valor máximo de tração conforme abaixo.

$$\sigma_{Nd} = \frac{F_d}{A} = \frac{22897}{706,8} = 32,39 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \cong 3,2 \text{ MPa} \quad (6)$$

Para o cálculo da tensão atuante de flexão (σ_M) foi utilizado momento fletor máximo (M) do poste superior da viga composta, visto que na inspeção foi observada sua ruptura nos Pórticos 1 e 3 (Fotos 2 e 3 respectivamente). Esse valor foi de 2.234.299 kgf cm (Figura 7).

Por se tratar de uma peça de madeira roliça de 300 mm de diâmetro (ϕ), atravessada por parafusos passantes de 19 mm de diâmetro (d), o momento resistente da seção transversal (W) utilizado no cálculo de σ_M foi obtido conforme abaixo:

$$W = \frac{I}{\phi/2} = \frac{\frac{\pi\phi^4}{64} - \frac{d\phi^3}{12}}{\phi/2} = \frac{\pi\phi^3}{32} - \frac{d\phi^2}{6} = \frac{\pi \times 30^3}{32} - \frac{1,9 \times 30^2}{6} = 2365,7 \text{ cm}^3 \quad (7)$$

A tensão atuante por flexão foi calculada conforme abaixo:

$$\sigma_M = \frac{M}{W} = \frac{2234299}{2365,7} = 944 \text{ kgf/cm}^2 \cong 94,4 \text{ MPa} \quad (8)$$

A tensão solicitante de projeto ($\sigma_{M+N,d}$), resultante da soma das tensões acima e majorada pelo fator de 1,3, conforme estabelecido na ABNT NBR 7190:1997 foi obtida conforme abaixo:

$$\sigma_{N+M,d} = 1,3 \times (\sigma_N + \sigma_M) = 1,3 \times 104,7 = 127 \text{ MPa} \quad (9)$$

O valor da tensão solicitante foi maior que o valor de resistência à flexão média da madeira de eucalipto (*Corymbia citriodora*) de 123,6 MPa, indicado no projeto e na norma ABNT NBR 7190:1997. Isso demonstra que foi ultrapassada a resistência da madeira com o acúmulo de água na cobertura, levando à ruptura das vigas compostas dos Pórticos 1 e 3.

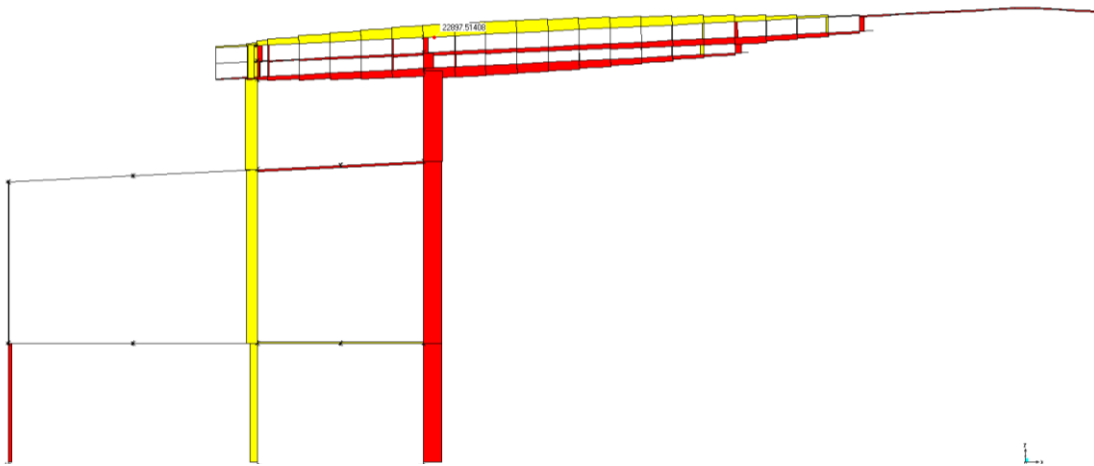


Figura 6: Diagrama de forças normais. A tração (amarelo) e compressão (vermelho) máximas na viga composta foram respectivamente de 22 897 kgf e 19 669 kgf.

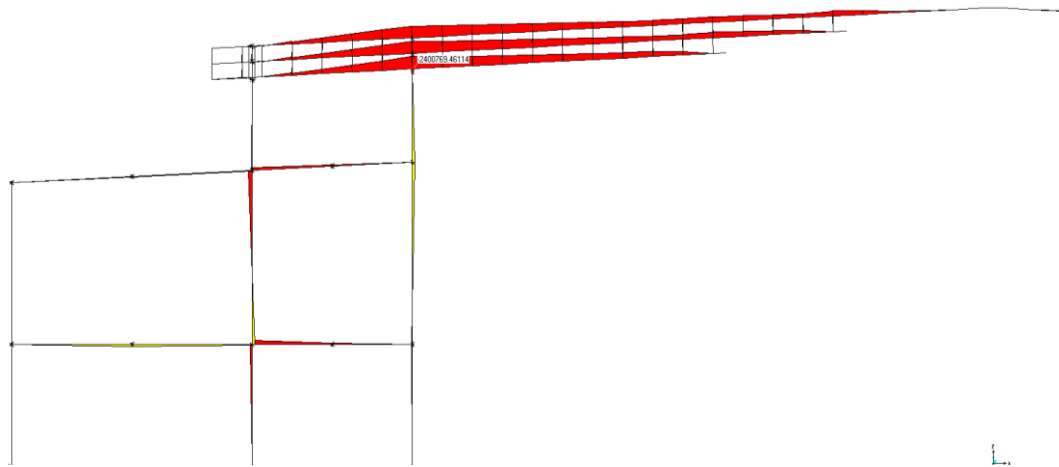


Figura 7: Diagrama de momentos flectores. O valor máximo no poste superior foi de 2 234 299 kgf cm.

5. CONCLUSÕES

Com base na análise estrutural que considera as deformações oriundas das uniões parafusadas, concluiu-se que o projeto executivo não atendeu às exigências de flecha e resistência estabelecidas na Norma NBR 7190:1997.

Concluiu-se, também, que em decorrência do erro de cálculo da flecha nesse projeto executivo, a geometria da cobertura permitiu o acúmulo de água proveniente de chuva causando a ruptura dos postes que compõem as vigas compostas dos pórticos.

Finalmente, foi recomendada a interdição imediata da edificação e escoramento de todos os pórticos até que medidas corretivas fossem realizadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimentos à empresa **Central Company** por autorizar a publicação deste trabalho sem impor quaisquer restrições.

REFERENCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Projeto de Estruturas de Madeira – ABNT NBR 7190, ABNT, 1997, Rio de Janeiro, Brasil.