

## **ALTERNATIVAS PARA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA – ESTUDO DE CASO**

**Juliano Fiorelli (1); Antonio Alves Dias (2); Akemi Ino (3)**

(1) Aluno de mestrado Escola de Engenharia de São Carlos EESC USP, [fiorelli@sc.usp.br](mailto:fiorelli@sc.usp.br)

(2) Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas SET EESC USP, [dias@sc.usp.br](mailto:dias@sc.usp.br)

(3) Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo SAP EESC USP, [inoakemi@sc.usp.br](mailto:inoakemi@sc.usp.br)

### **RESUMO**

A recuperação de estruturas de madeira visa a solução de problemas patológicos das construções, tais como: envelhecimento, falhas de projeto, de execução e de emprego de materiais de baixa qualidade; ausência de detalhes construtivos eficientes e não utilização de tratamento preservativo condizente com as condições de exposição das peças. A discussão a respeito da manutenção e durabilidade das estruturas é assunto de grande importância. A recuperação não deve ter função simplesmente de reparar, mas também de corrigir, prevenir e reduzir o aparecimento de futuros problemas. Neste contexto este trabalho apresenta revisão bibliográfica referente às diversas técnicas de recuperação de elementos estruturais de madeira, e um estudo de caso de uma edificação construída com madeira da espécie Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*), com sistema estrutural em pórtico treliçado e vedação em madeira e alvenaria. Esta edificação apresentou problemas de deterioração dos elementos verticais do pórtico, degradados pela exposição direta ao intemperismo e pela ausência de tratamento preservativo e detalhes construtivos para aumentar a durabilidade. A técnica utilizada para a recuperação foi a substituição de peças deterioradas. São apresentados as recomendações e os detalhes utilizados para aumentar a durabilidade dos elementos substituídos.

### **Palavras Chaves**

Madeira, recuperação, estrutura

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, mostra-se mais viável, em termos econômicos e ambientais, promover recuperação e reforço de estruturas e de edificações sem demoli-las, adotando-se soluções economicamente viáveis e seguras.

O reforço e a recuperação estrutural são necessários para resolver problemas devidos ao envelhecimento ou à mudança na utilização da edificação. Muitas delas fazem parte do patrimônio histórico e arquitetônico, e a demolição não se apresenta como uma opção viável. A recuperação estrutural também abrange edificações abaladas por sinistros de qualquer natureza ou por falhas no planejamento, projeto, execução ou por empregos de materiais e componentes de baixa qualidade. A discussão a respeito da manutenção e durabilidade das estruturas é assunto de grande importância.

O objetivo principal da recuperação não é simplesmente reparar, mas também prevenir e reduzir o aparecimento de futuros problemas.

Existem situações em que as estruturas de madeira precisam ser reparadas, tornando-as novamente aptas ao uso, e outros casos em que é necessária a execução de reforço para obter um aumento na capacidade de carga do elemento estrutural. Neste contexto, este trabalho apresenta revisão bibliográfica referente às diversas técnicas de recuperação de elementos estruturais de madeira, e um estudo de caso, acompanhado de intervenção, de uma edificação construída com madeira da espécie Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*), com sistema estrutural em pórtico treliçado que apresentava deterioração por ataque de fungos.

## 2. MÉTODOS PARA REFORÇO E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA

A idéia de reforçar estruturas de madeiras não é nova. Muitos estudos vem sendo desenvolvidos, desde os anos 40, no campo de recuperação e reforço.

**Ritter (1990)** subdivide o processo de recuperação em duas categorias que se encontram relacionadas com as condições de deterioração dos elementos de madeira em estudo:

**Categoria 1:** Manutenção corretiva devida a presença de deterioração inicial. Nesta categoria, a degradação encontra-se presente, mas incapaz de afetar o desempenho estrutural da madeira. Os elementos que requerem este tipo de manutenção apresentam danos iniciais que são iminentes e podem ser sanados com a introdução de ações corretivas adequadas.

Os principais métodos que compõem este tipo de manutenção são denominados de tratamentos superficiais ou de impregnação, aplicados na madeira ‘in loco’. As possíveis técnicas utilizadas são: fumigação, injeção, aspersão e pincelamento (**Ritter, 1990**).

**Categoria 2:** Manutenção corretiva e tardia devido a presença de deterioração severa - envolve a restauração da capacidade de carga requerida para a estrutura de madeira, bem como de suas condições iniciais.

De acordo com **Mettem & Robinson (1991)** existem métodos para reparar estruturas de madeira, sem comprometê-las. As técnicas mais utilizadas para se fazer estas recuperações são:

- **Método tradicional** - a estrutura de madeira é reforçada com novas peças, de dimensões e tamanhos semelhantes às originais.

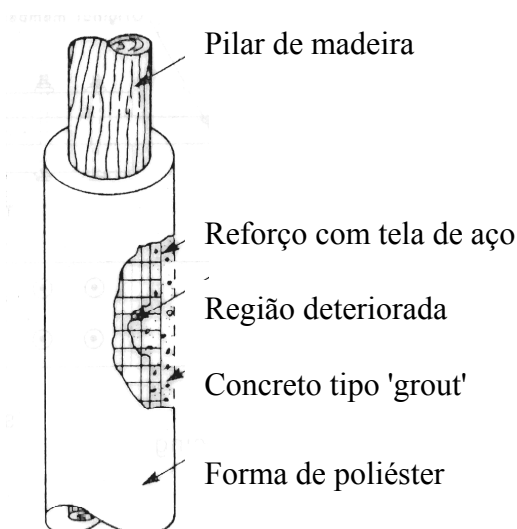
Esta técnica é uma das mais utilizadas na recuperação de elementos estruturais, devido à permanência das características originais do projeto e substituição das peças pelo mesmo material. Em contrapartida, apresenta limitações no comportamento estrutural e requer habilidade técnica para execução do serviço. A substituição é recomendada nos casos em que peças de madeira encontram-se em condições limites de uso ou quando partes principais que apresentam importantes funções estruturais encontram-se intensamente degradadas (**Ritter, 1990**).

- **Método mecânico** - os reparos estruturais são feitos utilizando conectores metálicos.

- **Método adesivo** - são utilizadas variações de resinas epóxi combinadas com peças metálicas, para realizar os reforços.

Em muitos casos, faz-se necessário a adoção de medidas mais rigorosas, como a utilização de “camisas” de concreto visando proteger regiões da estrutura expostas a condições severas de intemperismo. A chave para o sucesso deste tipo de reforço é: aumentos de resistência a compressão e baixo custo do material empregado, (**Dagher, 2000**). A figura 01 apresenta um exemplo de reforço em

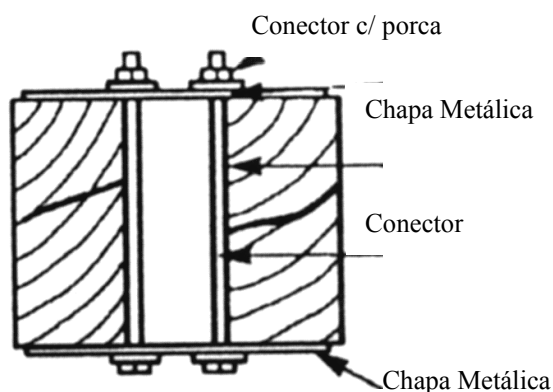
pilar de madeira de uma ponte, o qual pode sofrer reumidificação provocada pela variação de maré, (Ritter, 1990).



**Figura 01:** Pilar de madeira recuperado com reforço de 'camisa' de concreto. Fonte: Ritter (1990)

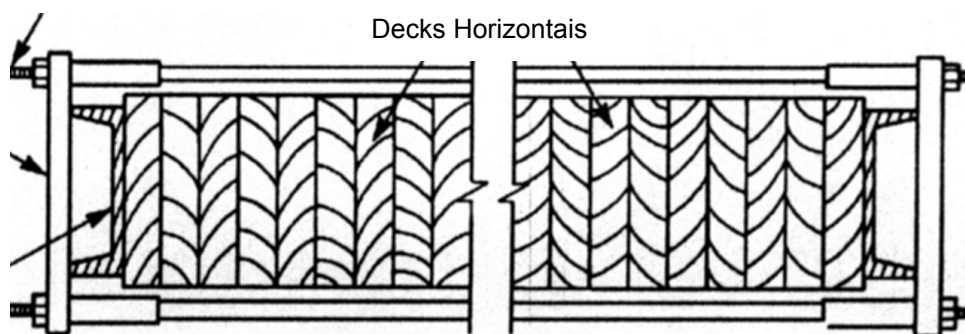
**Ritter (1990)** estudou outros tipos de reforços, que também são reparos mecânicos, entre eles o reparo por emenda. Este tipo de reforço consiste em adicionar peças de madeira associadas com parafusos. Esta técnica é muito utilizada quando a peça estrutural apresenta rachaduras longitudinais.

Outro tipo de reparo, também muito utilizado em rachaduras longitudinais, consiste em introduzir chapas metálicas para reforçar a estrutura, fixando-as com parafusos ou com adesivo epóxi. A figura 02 mostra a fixação da chapa com parafusos. O objetivo desta técnica não é o de fechar a rachadura, mas sim, prevenir a separação da peça em duas partes. Este método tem sido muito utilizado pois não ocorre a redução da seção da peça estrutural. No entanto foi identificado, para este tipo de reparo, após muito tempo exposto a intempéries, a ocorrência de corrosão da chapa metálica na sua interface com o adesivo, comprometendo perigosamente a aderência entre os elementos. Esta patologia é muito difícil de ser identificada durante as inspeções de rotina.



**Figura 02:** Reforço com chapa metálica. Fonte: Ritter (1990)

Uma terceira técnica denominada de tensão de laminação é muito utilizada para unir decks horizontais de tabuleiros de pontes. Muitas vezes os tabuleiros são danificados pelo aumento do tráfego de veículos, ou por rachaduras no asfalto, que possibilitam a penetração de água e consequentemente a deterioração das peças de madeira. A respectiva técnica consiste em introduzir uma tensão de protensão que reduz as distâncias entre as peças de madeira. A figura 03, ilustra o respectivo processo.



**Figura 03:** Modelo do processo de tensão de laminação. Fonte: Ritter (1990)

Após um uso intensivo de peças metálicas, barras e cabos, em reforços de estruturas de madeira, alguns problemas de incompatibilidade entre estes materiais, vêm ocorrendo. A diferença de rigidez e de variação volumétrica entre a madeira e o material de reforço, pode levar a ocorrência de separação na linha de cola, devido ao surgimento de tensões nesta região (**Dagher, 2000**).

De acordo com **Ritter (1990)**, a técnica mais eficiente para reforçar peças de madeira é a utilização de reparo epóxi. O epóxi é um gel de betume, que pode ser injetado manualmente nas partes danificadas, promovendo o aumento da resistência da peça estrutural. Este material é usado para preencher fendas, superfícies atacadas por insetos e espaços vazios. O epóxi, além de vedar a área danificada, aumenta a capacidade de carga da estrutura e reduz o aparecimento de futuras rachaduras.

Como vantagens deste método, têm-se o aumento da capacidade de carga da estrutura juntamente com a incorporação de certa flexibilidade.

Existem seis tipos básicos de reforços estruturais com epóxi. Entre eles têm-se:

Injeção de epóxi em rachaduras das peças estruturais;

Injeção e reforço em madeiras deterioradas;

Injeção de epóxi em peças quebradas;

Injeção de epóxi em vigas laminadas;

Injeção de epóxi em rachaduras longitudinais;

Reparos superficiais utilizando gel epóxi.

Recentemente, materiais alternativos vêm sendo estudados para recuperar e reforçar estruturas. Uma maior atenção vem sendo dada para o uso de Fibras Reforçadas com Polímeros (FRP), que são materiais flexíveis e podem substituir todas as técnicas descritas anteriormente.

As fibras que vem apresentando melhores resultados como reforço e recuperação de estruturas são: fibra de vidro, Kevlar 49 (aramid) e fibra de carbono. Novos estudos estão sendo conduzidos com estes materiais, objetivando a sua utilização em maior escala em toda a construção civil.

### 3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso do respectivo trabalho foi realizado em uma edificação construída dentro do Campus da Universidade Federal de São Carlos, com madeira da espécie Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*), com sistema estrutural em pórtico treliçado, ligação com chapas de dentes estampados e vedação em madeira e alvenaria. A figura 04 apresenta uma vista geral da respectiva edificação.

Esta edificação, devido à ausência de tratamento preservativo e detalhes construtivos que visassem aumentar a durabilidade do sistema estrutural em madeira, apresentou problemas de deterioração dos elementos verticais do pórtico, principalmente a parte localizada próxima ao apoio, degradados pela exposição direta ao intemperismo. A figura 05 ilustra a situação dos pilares de madeira degradados.

O método de recuperação utilizado foi o tradicional, substituindo as peças deterioradas por novas peças, com mesma forma e dimensão, preservando as características originais da edificação. Adoção de detalhes construtivos eficientes foi feita com o objetivo de impedir futuros problemas no sistema estrutural de madeira.



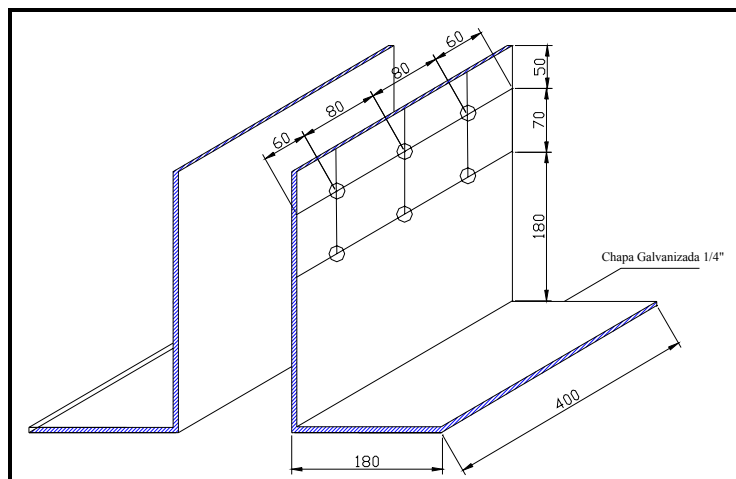
**Figura 04:** Vista geral da edificação



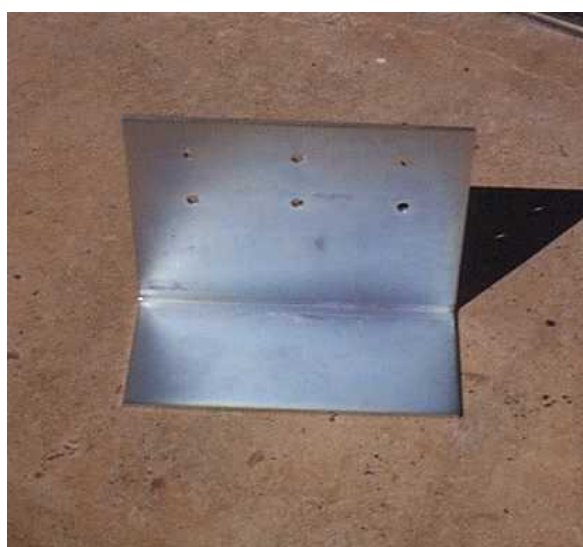
**Figura 05:** Pilares de madeira degradados

A espécie de madeira utilizada na substituição foi o *Eucalyptus citriodora* (*Eucalyptus citriodora*), tratado com CCB. Optou-se por esta espécie de madeira, devido à sua maior resistência mecânica e também maior resistência natural ao ataque de fungos e insetos, quando comparada com a espécie Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*).

Foi proposta a utilização de chapas metálicas galvanizadas (figuras 6 e 7), para a fixação dos elementos verticais do pórtico à fundação. A garantia de maior durabilidade do sistema estrutural ocorre com o uso de madeira tratada e fixação suspensa do pórtico (figuras 08), impedindo o acúmulo de umidade em sua base e maior ventilação, prevenindo a proliferação de fungos que provocam a deterioração da madeira.



**Figura 06:** Detalhe da nova chapa metálica utilizada para a fixação dos elementos verticais do pórtico



**Figura 07:** Chapa metálica galvanizada



**Figura 08:** Sistema de ligação pórtico – chapa metálica



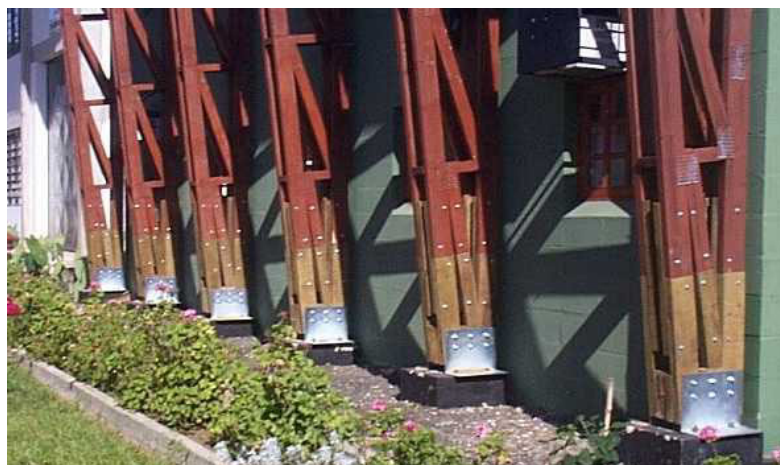
O processo de substituição das peças dos pórticos verticais foi realizado da seguinte forma:

- escoramento do pórtico, por meio peças roliças de madeira, de maneira a descarregar os seus elementos verticais;
- retirada das peças deterioradas, cortando os elementos verticais do pórtico a uma altura de 80cm;
- fixação das chapas metálicas galvanizadas na fundação;
- fixação das novas peças de madeira, utilizando cobrejuntas, parafuso passante de ½” e porcas.

As figuras 09 e 10 ilustram o elemento vertical do pórtico recuperado.



**Figura 09:** Cobrejuntas de ligação



**Figura 10:** Vista geral dos pórticos após processo de substituição das peças

#### **4. CONCLUSÕES**

A utilização adequada da madeira, principalmente em situações agressivas em relação à durabilidade, é o principal fator para garantir uma maior vida útil para a edificação. Detalhes arquitetônicos e construtivos que evitem a umidade e proporcionem uma boa ventilação das peças de madeira, são importantes para impedir o estabelecimento de condições favoráveis à degradação. Outro

aspecto que deve ser considerado é a utilização de espécies de madeira mais suscetíveis à degradação biológica, notadamente as de reflorestamento, que, em situações classificadas como de alto risco de deterioração, devem necessariamente ser preservadas por processo eficiente, como é o de tratamento sobre pressão, em autoclave.

A determinação da melhor técnica de recuperação a ser empregada em construções de madeiras que apresentem problemas de deterioração é de fundamental importância para garantir uma vida útil maior e uma maior eficiência do sistema estrutural.

No caso estudado a substituição dos elementos estruturais deteriorados, por novos foi suficiente para colocar a estrutura, novamente, em condições de uso. A utilização de madeira tratada e adoção de detalhes construtivos permite um aumento da vida útil do sistema estrutural em madeira, prevenindo a ocorrência de deterioração das peças.

## **BIBLIOGRAFIA CITADA**

DAGHER, H.J., *High – Performance Wood Composites for Construction*. In: VII EBRAMEM, julho 2000, São Carlos – Brasil. Anais.

METTEM, C.J.; ROBINSON, G.C., *The Repair of Structural Timber*. In: **INTERNATIONAL TIMBER ENGINEERING CONFERENCE LONDON**, 2-5 September 1991, London. Anais. p.4.56-4.65.

RITTER, Michael A., **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance**. Washington (1990), DC. 944p.

## **AGRADECIMENTO**

**FAPESP** – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo