

RESTAURAÇÃO DE ESTRUTURA EM MADEIRA DA IGREJA NOSSA SENHORA DO CARMO EM DIAMANTINA – MG: ESTUDO DE CASO

Restoration of wooden structure of Nossa Senhora do Carmo church in Diamantina – MG: Case study

Ana Clara dos Anjos Torres¹, Thiago Bomjardim Porto², Antônio Pires Azevedo Junior³, Romero Cesar Gomes⁴

Recebido em 19 de agosto de 2017; aceito em 30 de março de 2018; disponível on-line em 13 de agosto de 2018.



PALAVRAS CHAVE:

Restauração;
Estrutura em Madeira;
Igreja Histórica;
Recuperação Estrutural;
Diamantina.

KEYWORDS:

Restoration;
Wooden Structure;
Historical Church;
Structure Recuperation;
Diamantina.

RESUMO: O estado de Minas Gerais possui o maior acervo artístico do barroco nacional, destacando os casarões e igrejas dos municípios históricos. Visto a importância histórica e cultural de tais edificações, torna-se necessária a restauração de seus elementos estéticos e funcionais, tais como as estruturas de madeira, em sua maioria. O objetivo deste trabalho é sequenciar as etapas de elaboração de projetos de restauração e recuperação de estruturas de madeira. E, como estudo de caso, apresentar a obra de restauração da Igreja Nossa Senhora do Carmo, em Diamantina, indicando o diagnóstico de suas patologias e a proposta para a intervenção. Foi necessário tratar quimicamente as superfícies contra infestações de insetos xilófagos e substituir parte da estrutura por madeira nova tratada, ancorada em nova fundação em concreto armado. Este reforço foi imprescindível para a estabilidade estrutural da Igreja, mesmo alterando parte do ambiente. Conclui-se que a escolha da técnica de recuperação de estruturas de madeira é condicionada por se tratar de uma restauração. É destacado também que as limitações de um projeto de restauração impedem, muitas vezes, o atendimento à normalização técnica quanto aos carregamentos e dimensionamento de estruturas. A técnica utilizada em Diamantina pode ser aprimorada para casos semelhantes e futuros estudos são importantes para a apresentação de metodologias menos destrutivas.

ABSTRACT: The state of Minas Gerais has the largest artistic heritage of the national baroque, highlighting the mansions and churches of the historical municipalities. Because of the historical and cultural importance of such buildings, it is necessary to restore their aesthetic and functional elements, such as the wooden structures, in the majority. This work aims to sequence the stages of projects of restoration and recovery of wooden structures. As a case study, presents the restoration work of the Nossa Senhora do Carmo Church, in Diamantina, diagnosing its pathologies and proposing the intervention. It was necessary to chemically treatment against xylophagous insects infestations and replace part of the structure with new treated wood, anchored in a new foundation made of reinforced concrete. This reinforcement was indispensable for the structural stability of the Church, even changing part of the environment. It is concluded that the choice of the technique of recovery of wood structures is conditioned by the fact that it is a restoration. It is also emphasized that the limitations of a restoration project often prevent the obedience of technical normalization regarding the loading and dimensioning of structures. The technique used in Diamantina can be improved for similar cases and future studies are important for the presentation of less destructive methodologies.

* Contato com os autores:

¹e-mail: anaclara.torres@hotmail.com (A. C. A. Torres)

Engenheira Civil, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/ MG), Belo Horizonte. (31 9 9530 5332)

²e-mail: porto@pucminas.br (T. B. Porto)

Doutor em Engenharia Civil, Professor Adjunto IV, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/ MG), Belo Horizonte.

³e-mail: apaj.engenharia@gmail.com (A. P. A. Junior)

Mestre em Engenharia de Estruturas com ênfase em Madeiras, Professor Assistente I, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/ MG), Belo Horizonte.

⁴e-mail: romero@em.ufop.br (R. C. Gomes)

Doutor em Geotecnia, Professor Titular, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto.

1. INTRODUÇÃO

O município de Diamantina (MG) foi fundado no início do século XVIII e, assim como outros municípios mineiros, tais como Serro, Ouro Preto, Mariana, Tiradentes e São João Del Rei, teve seu crescimento ligado à exploração mineradora no país, em especial o ouro e o diamante. Consagrada como Patrimônio da Humanidade, Diamantina é rica em história e tradição, destacando-se pelo estilo colonial influenciado pelo barroco e pelo rococó presente nas edificações. Além disso, é um dos destinos da Estrada Real, um dos roteiros turísticos mais históricos do país e, possuindo forte tradição religiosa, a cidade também conta com templos bastante expressivos nacionalmente.

Um dos templos mais representativos da cidade, a Igreja Nossa Senhora do Carmo, foi objeto de projeto de restauração em 2016, apoiado pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). A restauração é o conjunto de intervenções destinadas a manter em funcionamento, facilitar a leitura e transmitir integralmente ao futuro as obras de edifícios monumentais, históricos, coleções artísticas, jardins e parques de especial importância, de acordo com a Carta do Restauro (Itália, 1972).

Este trabalho objetiva sequenciar e estratificar as etapas de concepção de projetos de restauração e projetos de recuperação estrutural de elementos em madeira, material de maior expressão artística nas igrejas barrocas. Além disso, apresenta o projeto de restauração da Igreja

Nossa Senhora do Carmo como estudo de caso, expondo o diagnóstico de suas patologias e a proposta para a intervenção. As etapas da recuperação estrutural serão descritas a seguir, como exemplo da técnica. O trabalho evidencia o desafio de recuperação estrutural em meio a uma restauração, onde os elementos da edificação devem sofrer o mínimo possível de interferências. O interesse pela apresentação desta metodologia de recuperação de estruturas de madeira, como pilares e vigas, parte da escassez de material técnico e científico sobre o assunto e que apresentem exemplos práticos. Isto ocorre pelo fato de que grande parte dos trabalhos recentes têm foco em monitoramento, controle, análises de lesões, reforços e reabilitações diretamente ligados a coberturas e pisos de madeira (Negrão, 2017), como o identificado nos trabalhos de Ferreira (2012), Silva et al. (2017), Taillefer et al. (2017), Terezo et al. (2017) e Calí et al. (2017).

2. PROJETO DE RESTAURAÇÃO

De acordo com a Carta do Restauro (Itália, 1972), durante a intervenção, são proibidos aditamentos de estilo, remoções ou demolições que apaguem a trajetória da obra através do tempo e alteração ou eliminação das pátinas. Além disso, qualquer modificação na obra ou em seu entorno deve assegurar que, no futuro, outra intervenção não ficará inviabilizada (Rodrigues, 2016). As etapas de um projeto de restauração estão esquematizadas na Figura 1.

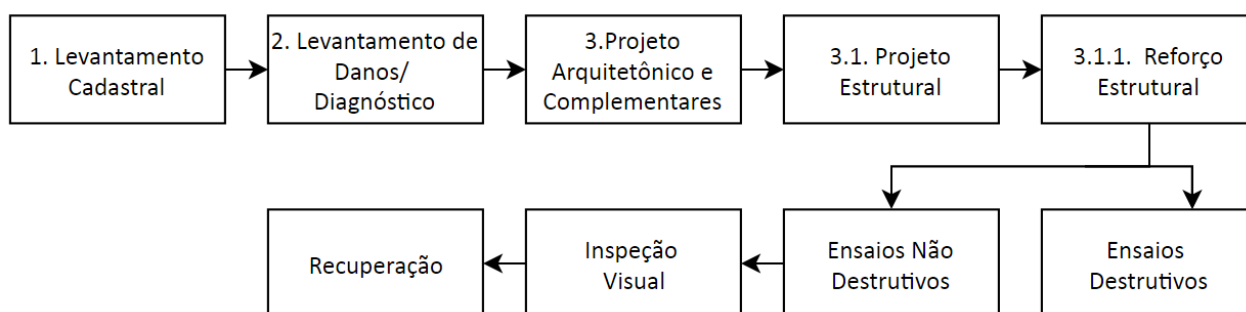


FIGURA 1: Fluxograma de etapas de um projeto de restauração.

FONTE: Adaptado de Consmara (2016).

De acordo com IPHAN (2005), o levantamento cadastral compreende a representação gráfica detalhada das características físicas e geométricas da edificação, do terreno e dos demais elementos físicos presentes, indicando a planta de situação, de locação, plantas baixas, fachadas, cortes e plantas de cobertura, assim como topografia do terreno, documentação fotográfica e elementos artísticos. O diagnóstico é a fase de análise detalhada dos problemas por meio de mapeamento de danos, análises do estado de conservação, estudos geotécnicos, ensaios e testes. Assim, é possível apresentar uma proposta de intervenção, através de estudo preliminar, projeto básico (arquitetônico e complementares) e executivo. O projeto executivo consiste no detalhamento das informações prestadas no projeto básico, revisadas e complementadas e, é apresentado em memoriais descritivos, peças gráficas, orçamentos, cronogramas e projetos complementares. Um dos projetos complementares é o estrutural, concebido a partir de ensaios e verificações in loco. O mesmo apresenta as técnicas de reforços, substituição de peças ou componentes degradados, estabilizações, consolidações ou complementações dos sistemas estruturais existentes ou execução de novas estruturas.

As estruturas de madeira, de acordo com Luzio (2011), encontram-se principalmente em edifícios antigos ou localizados em zonas históricas, já que caiu em desuso com o avanço das estruturas metálicas e de concreto armado. Segundo Franke et al (2015), o reforço de

elementos estruturais pode ser necessário para prolongar a vida útil da estrutura, devido à deterioração ou à mudança de uso. E, para a escolha do melhor método de intervenção, é necessária a compreensão completa da estrutura existente. Este entendimento exige tanto a avaliação do estado atual de conservação da estrutura, como também o desempenho estrutural original e presente (Branco et al, 2017).

Os ensaios destrutivos caracterizam-se pela retirada de amostras de madeira das peças estruturais para a determinação de suas propriedades físicas e mecânicas em laboratório, o que contradiz um restauro (Consmara, 2016). Portanto, são executados ensaios não destrutivos, permitindo a caracterização do estado da madeira sem deteriorá-la. São exemplos de técnicas não destrutivas: inspeção visual, resistência à perfuração, ultrassom, georadar, vibrações induzidas, medição de densidade superficial, detecção acústica de insetos xilófagos (cupins), dendrocronologia (determinação da idade a partir dos anéis da madeira) e radiografia, segundo Júnior (2006) e também a termografia ativa (Figueredo et al, 2017). A inspeção visual é comumente utilizada, pois muitas vezes é suficiente para diagnosticar os problemas da estrutura. Em alguns casos, porém, a biodegradação não é proporcional ao que se observa à simples vista, sendo necessárias outras avaliações, como destaca Correa et al (2017). Após os ensaios, os métodos de recuperação estrutural são definidos em consonância ao diagnóstico, como o apresentado na Figura 2.

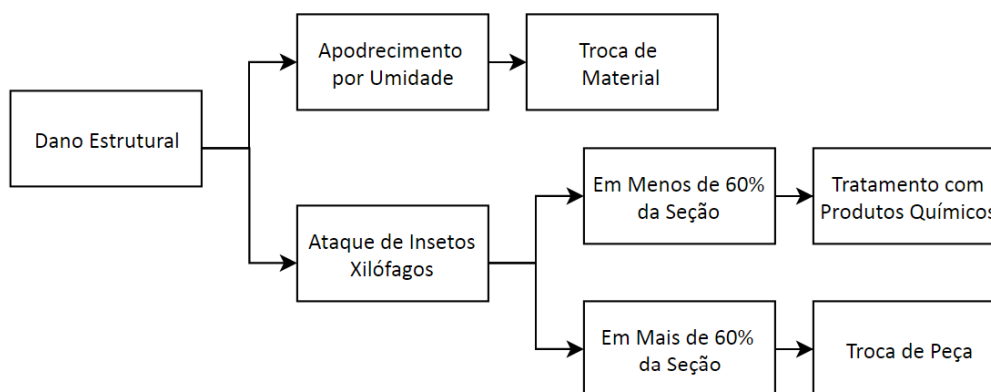


FIGURA 2: Fluxograma de ações de restauração estrutural.

FONTE: Adaptado de Consmara (2016).

3. A IGREJA NOSSA SENHORA DO CARMO

A Igreja Nossa Senhora do Carmo foi construída em 1765, em substituição à capela São Francisco de Paula, segundo Mourão (1957). As obras da talha da tarja do arco-cruzeiro e da cruz da ordem foram feitas pelo entalhador Manoel Pinto em 1766. Os altares laterais foram encomendados em 1771 a Francisco Antônio de Lisboa e foram concluídos em 1778, sendo ajustados por José Soares de Araújo com trabalhos de douramento. Quanto ao órgão da igreja, trata-se de uma obra do artista e padre Manuel de Almeida Silva e foi executado em 1782, de acordo com Santos (1924) e encontra-se fixado no coro da igreja.

Segundo Horta (1959), a primeira modificação significativa do templo foi feita em 1803, a partir da reforma do paredão e demolição das escadas do adro, possuindo somente uma entrada e paredões de pedras ao entorno da igreja. Outras reformas foram realizadas no decorrer do século XX. Em uma delas, a torre única da igreja originalmente construída na parte posterior do edifício foi demolida e reconstruída na fachada, modificando a sua aparência original. No ano de 1948, durante uma obra de restauração, a torre foi realocada em sua antiga posição e foram realizados alguns reparos nas estruturas de madeira, telhados, forros e vãos (Figura 3).

A igreja foi tombada em abril de 1940 e em 1999 foi reconhecida como Patrimônio Cultural da Humanidade, pelo IPHAN (2013). Segundo Mourão (1957), a igreja é o templo mais rico de Diamantina e serviu como modelo para outros edifícios religiosos construídos no município. A capela possui pinturas ilusionistas, relacionadas à história dos profetas Elias e Eliseu. De acordo com a Consmara (2016), a igreja foi construída sob a influência do barroco mineiro (nas proporções e as aberturas da fachada) e do rococó (na pintura dos forros e douramento de elementos), como apresenta as Figuras 4 e 5.



FIGURA 3: Fachada da Igreja Nossa Senhora do Carmo em 1948. **FONTE:** IPHAN (1979).



FIGURA 4: Vistas lateral e frontal da Igreja Nossa Senhora do Carmo em 2016. **FONTE:** Consmara (2016).



FIGURA 5: Interior da Igreja Nossa Senhora do Carmo em 2016. **FONTE:** Consmara (2016).

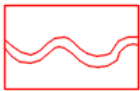

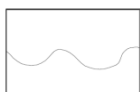
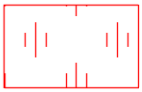
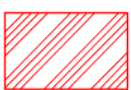



4. DIAGNÓSTICO

Em semelhança à metodologia utilizada por Fonte et al (2017), o levantamento de dados foi feito através de análise visual, resultando em um mapeamento de patologias com representações gráficas usuais, como exemplificado no Quadro 1.

Como instrumento para o diagnóstico, Brito (2014) recomenda o uso de fichas de identificação de dados que, além de subsidiar as análises na produção de um mapa de danos, são documentos primários da base de dados que compõem o sistema de inspeção e manutenção de uma edificação.

O diagnóstico feio para o projeto de

restauração da Igreja Nossa Senhora do Carmo, realizado em 2016, evidenciou patologias como mofo, manchas por umidade, desprendimento do reboco, fissuras estruturais e trincas no revestimento, como ilustra a Figura 6, cuja legenda é aquela apresentada pelo Quadro 1. Nos elementos de madeira da gaiola estrutural (frechais, esteios e tirantes), identificados na Figura 7, constatou-se perda de ligação entre elementos, apodrecimento por ação de umidade, ressecamento e perda de matéria devido a insetos xilófagos, de acordo com a Consmara (2016). A estrutura da cobertura da igreja estava em boa condição uma vez que havia sido restaurada há menos de vinte anos.

QUADRO 1: Exemplo de legenda de mapeamento de danos estruturais em madeira.			
	- Fissura Estrutural profunda Causa: afastamento das partes devido à força de tração.		- Apodrecimento da madeira por ação da umidade Causa: madeira sem proteção, pontos de infiltração e regiões de pouca insolação.
	- Fissura estrutural rasa Causa: afastamento das partes devido à dilatação dos materiais e à força exercida pela estrutura do forro e da cobertura.		- Ataque dos insetos xilófagos Causa: a não imunização das peças do entorno faz com que os insetos retornem constantemente.
	- Presença de limo Causa: região com pouca insolação e elevada umidade, provenientes dos respingos de chuva e capilaridade.		- Lacuna Causa: dilatação natural dos materiais, presença de insetos xilófagos e vibrações mecânicas.
	- Presença de mofo Causa: região com pouca insolação e elevada umidade, provenientes dos respingos de chuva e capilaridade.		- Ressecamento da madeira Causa: grande incidência solar e falta de pintura ou elemento protetor da madeira.

FONTE: Adaptado de CONSMARA (2016).

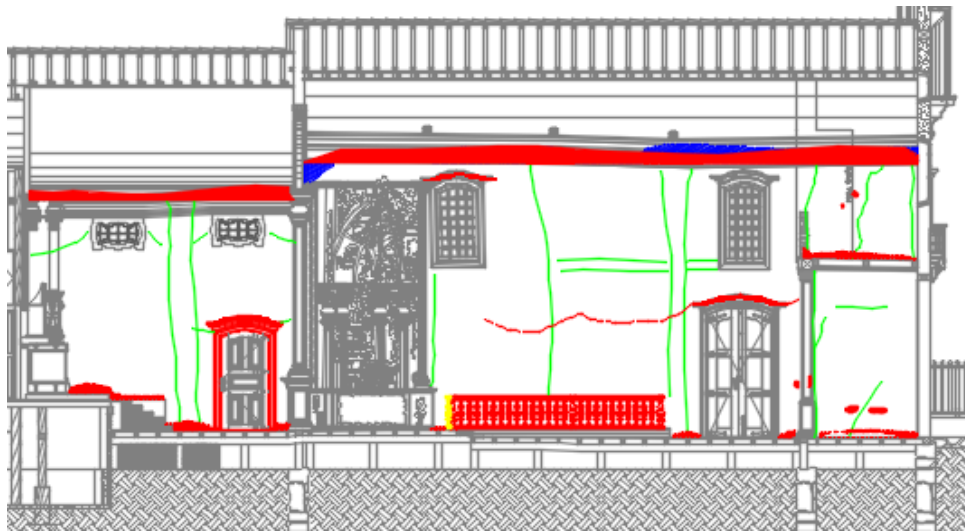


FIGURA 6: Exemplo de diagnóstico em seção da igreja.

FONTE: Adaptado de Consmara (2016).

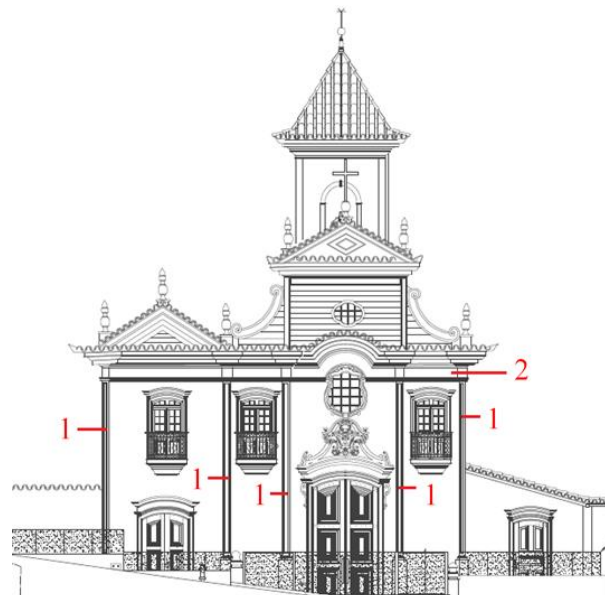


FIGURA 7: Disposição da estrutura: 1) Esteios e 2) Frechal.

FONTE: Adaptado de Consmara (2016).

Os danos decorreram do intemperismo, devido às infiltrações de água pluvial pelo telhado, à exposição ao sol (devido à ação dos raios U.V) e à alta umidade do ambiente (Consmara, 2016). Segundo Moreira (2009), os insetos xilófagos ingerem o material lenhoso, abrindo galerias ao longo das peças de madeira, o que conduz à perda de seção dos elementos e, conseqüentemente, à perda de resistência mecânica. A estrutura da Igreja, então, encontrava-se comprometida, pois 80% dos esteios estavam com a base danificada. A Figura 8 retrata um esteio deteriorado.

Inicialmente, o projeto de intervenção considerava a troca de todos os esteios da

edificação, equivalendo à área de madeira de, aproximadamente, 595 m². No entanto, após a avaliação minuciosa da estrutura e revisão dos conceitos de restauro, a equipe supervisionada pelo IPHAN optou pela substituição dos trechos danificados das peças (aproximadamente 178 m²), apenas. Com isso, houve economia aproximada de 70% em relação ao custo de madeira para novos esteios, de acordo com a Consmara (2016). Os esteios estão identificados na Figura 9.

Para o projeto, foi estabelecido também o aproveitamento máximo da matéria, da forma e do aspecto existentes e a conservação da pátina e das camadas históricas sobrepostas na edificação (Consmara, 2016).



FIGURA 8: Esteio deteriorado por ação da umidade e dos insetos xilófagos.

FONTE: Consmara (2016).

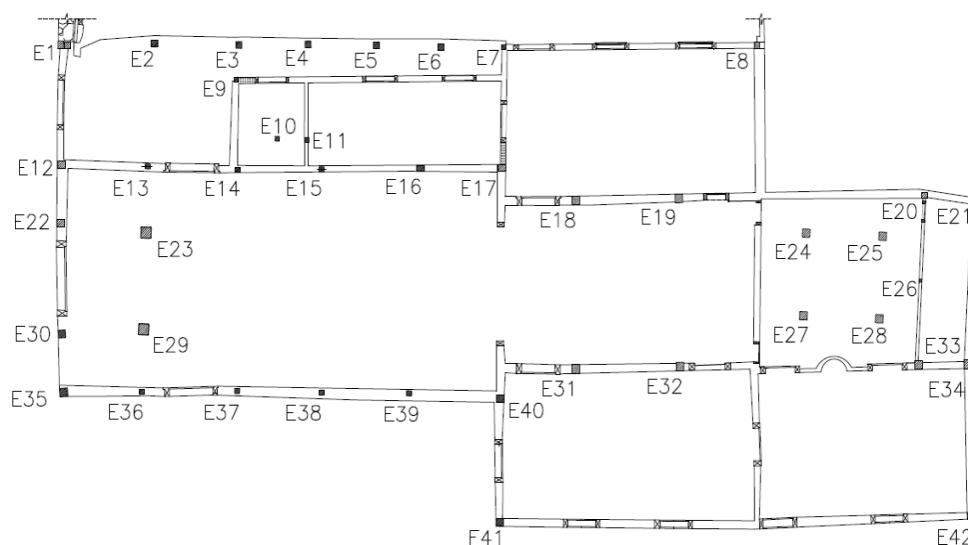


FIGURA 9: Localização dos esteios em planta.

FONTE: Consmara (2016).

5. INTERVENÇÃO

Brito (2014) apresenta como principais técnicas de reabilitação em bases e colunas de madeira biodeteriorizada o reforço com encamisamento de concreto armado para reconstituição total (Figura 10a), prótese de perfil metálico para substituição total, prótese de madeira armada colada com adesivo epóxi para substituição total, prótese de argamassa epóxi armada para reconstituição parcial ou total (Figura 10b). Além disso, Brito relata em um dos seus estudos de caso a reconstituição com cobrejuntas justapostas pregadas e, em outro, com parafusos auto-atarraxantes de ligação momento-resistente em próteses e ligações por cisalhamento em delaminações e fendas longitudinais, ambas as

técnicas de reconstituição destinadas à vigas de madeira.

Para a restauração dos esteios da igreja, foi necessário planejar a remoção da parte deteriorada e a inserção de novas peças de madeira (muletas), em concordância com Franke et al (2015), que afirma que as técnicas mais utilizadas para adaptação e reforço das estruturas incluem substituição de madeira danificada por madeira nova, uso de fixadores mecânicos e materiais ou produtos de fortalecimento adicionais. Isto ocorre apesar de a tecnologia de ligação adesiva desempenhar papel essencial para o desenvolvimento e o crescimento da reabilitação e reparação de estruturas de madeira (Custódio et al, 2009).

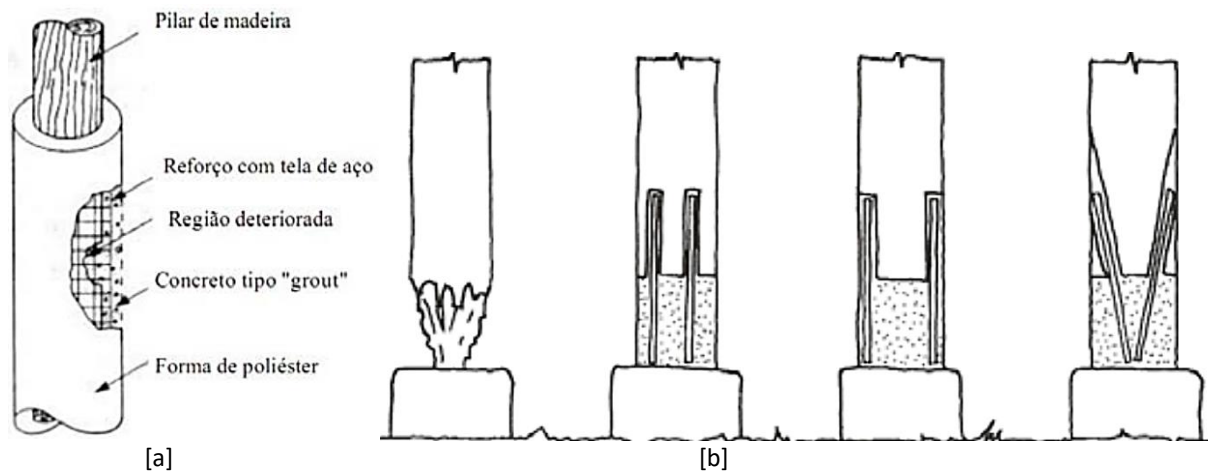


FIGURA 10: Técnicas de reabilitação em bases e colunas de madeira biodeteriorizada: [a] reforço com encamisamento de concreto armado; [b] prótese de argamassa epóxi armada. **FONTE:** Brito (2014).

A proposta do trabalho é utilizar madeira seca em estufa, com resistência igual a 30 MPa e devidamente tratada. As ligações entre os elementos estão previstas com peças de aço, como preconiza a NBR 7190 (ABNT, 1997). Além disso, com o intuito de conter e evitar qualquer possibilidade de novas infestações de xilófagos, todos os elementos de madeira devem receber tratamento químico (Tabela 1), também em conformidade com a NBR 7190 (ABNT, 1997).

De acordo com a Consmara (2016), os substratos Solfac CE® e K-O TEK® são inseticidas dos grupos químicos piretrinas e piretróides, que,

segundo Gonzaga (2006), derivam de extratos naturais de plantas crisântemos, em combinação com ácido pirétrico e, por serem hidrossolúveis, são preservantes pouco danosos ao homem e à natureza.

Por fim, o projeto estabelece que todos os elementos da igreja devem ser protegidos contra qualquer tipo de dano ao longo da restauração. Os pisos devem ser protegidos com chapas de madeira compensada e duas camadas de papelão e os demais elementos devem ser cobertos com tecido (Consmara, 2016).

TABELA 1: Tratamento químico em peças de madeira: Tipos: 1) Barrotes, baldrames, esteios, ripas, empenas, montantes, tirantes e frechais; 2) Janelas e outras esquadrias e 3) Piso.

Tipos de peças em madeira	Substrato	Agente Deteriorador	Aplicação
1	PREMISE SC 200®	Insetos isópteros (cupins)	Pulverização/ pincelamento
1	SOLFAC CE®	Insetos isópteros (cupins)	Pulverização/ pincelamento
1	K-O TEK®	Insetos coleópteros (brocas)	Injeção
2	PREMISE SC 200®	Insetos isópteros (cupins)	Pulverização/ pincelamento
3	PREMISE SC 200®	Insetos isópteros (cupins)	Pulverização/ pincelamento
3	SOLFAC CE®	Insetos isópteros (cupins)	Pulverização/ pincelamento

FONTE: Consmara (2016).

6. METODOLOGIA EXECUTIVA DE RESTAURAÇÃO ESTRUTURAL DOS ESTEIOS

De acordo com a Consmara (2016), a metodologia executiva para a recomposição da base dos esteios baseia-se, primordialmente, à conservação e proteção do seu entorno. Todos os cortes e furos na superfície do bem, sobretudo aqueles que se referem à passagem de eletrodutos, serão devidamente identificados nas superfícies, a fim de evitar degradações desnecessárias. Os serviços foram planejados na seguinte ordem: 1) Identificação da área a ser reconstituída; 2) corte da alvenaria em adobe; 3) montagem do sistema de escoramento; 4) corte da região deteriorada; 5) escavação para o bloco de fundação; 6) concretagem do bloco e pescoço; 7) cortes e furos no esteio; 8) inserção da nova muleta de madeira e 9) recomposição da alvenaria.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA A SER RECONSTITUÍDA

A área de intervenção foi planejada para ser delimitada com o auxílio de giz, a fim de ser a menor área possível, porém, com extensões que

permitam a perfeita execução do serviço (Figura 11a).

6.2 CORTE DA ALVENARIA EM ADOBE

A alvenaria em adobe existente às proximidades dos esteios será cortada para a montagem do sistema de escoramento e a concretagem do pescoço e bloco de fundação (Figura 11b).

6.3 MONTAGEM DO SISTEMA DE ESCORAMENTO

Após o corte da alvenaria, o sistema de escoramento dos esteios deverá ser montado. O sistema será composto por duas pranchas paralelas em paraju com seção de 5 x 15 cm, colocadas perpendicularmente ao sentido de alvenaria de adobe, parafusadas aos esteios por meio de parafusos de cabeça francesa com porca e arruela de diâmetro nominal de 1/2" (12.5 mm). As pranchas serão apoiadas em suas extremidades por pilaretes de madeira, que devem ser encunhados em suas bases a fim de exercer sobre o esteio uma força vertical ascendente, aliviando a força vertical de compressão da base e possibilitando o corte transversal do esteio (Figura 12a).

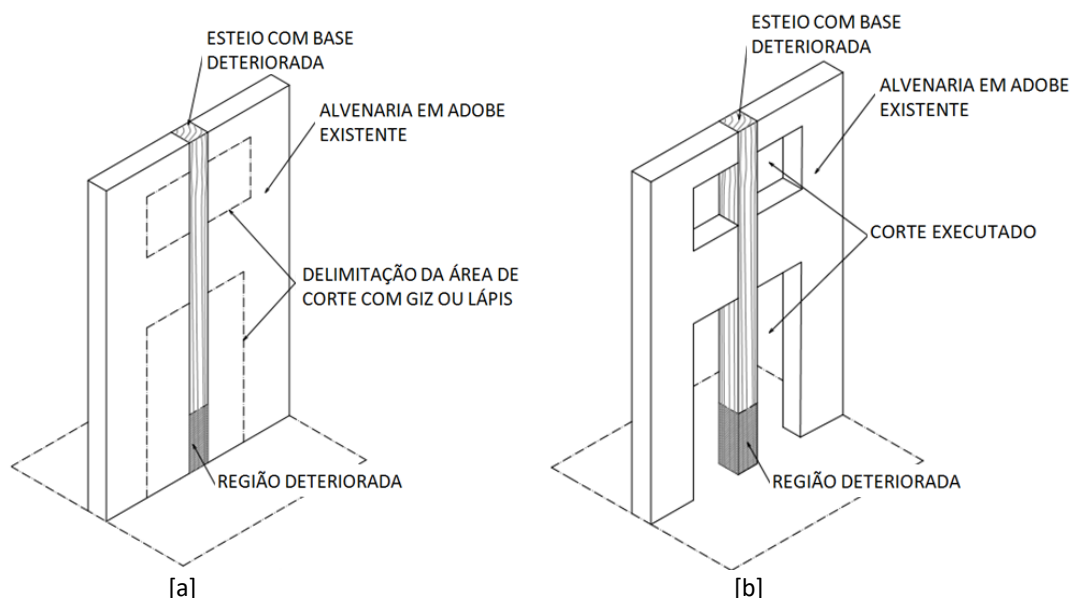


FIGURA 11: [a] Identificação da área a ser reconstituída; [b] Corte da alvenaria em adobe.

FONTE: Consmara (2016).

6.4 CORTE DA REGIÃO DETERIORADA

A base deteriorada do esteio deve ser cortada transversalmente, após a montagem do escoramento. O sistema de escoramento será ancorado na estrutura a, no mínimo, um metro da região deteriorada (Figura 12b).

6.5 ESCAVAÇÃO PARA O BLOCO DE FUNDAÇÃO

Em seguida, será realizada a escavação para a concretagem do bloco, com folga que permita a instalação de formas de madeira, a fim de evitar a contaminação do concreto por

deslocamento de solo (Figura 13a).

6.6 CONCRETAGEM DO BLOCO E PESCOÇO

Após a instalação das formas, o bloco de fundação deverá ser concretado, juntamente com o pescoço, à altura de 50 cm do piso, de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010). O topo do pescoço deverá ser impermeabilizado utilizando material betuminoso para evitar a ascensão de umidade do concreto para a madeira. As chapas metálicas responsáveis pela ligação entre os elementos de diferentes materiais deverão ser chumbadas no bloco de fundação (Figura 13b).

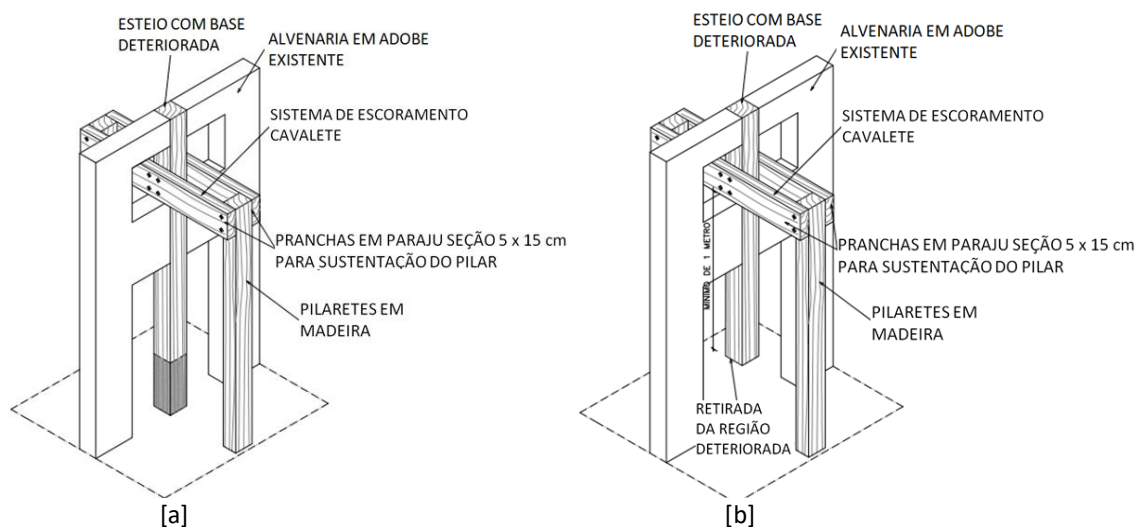


FIGURA 12: [a] Montagem do sistema de escoramento; [b] Corte da região deteriorada.

FONTE: Consmara (2016).

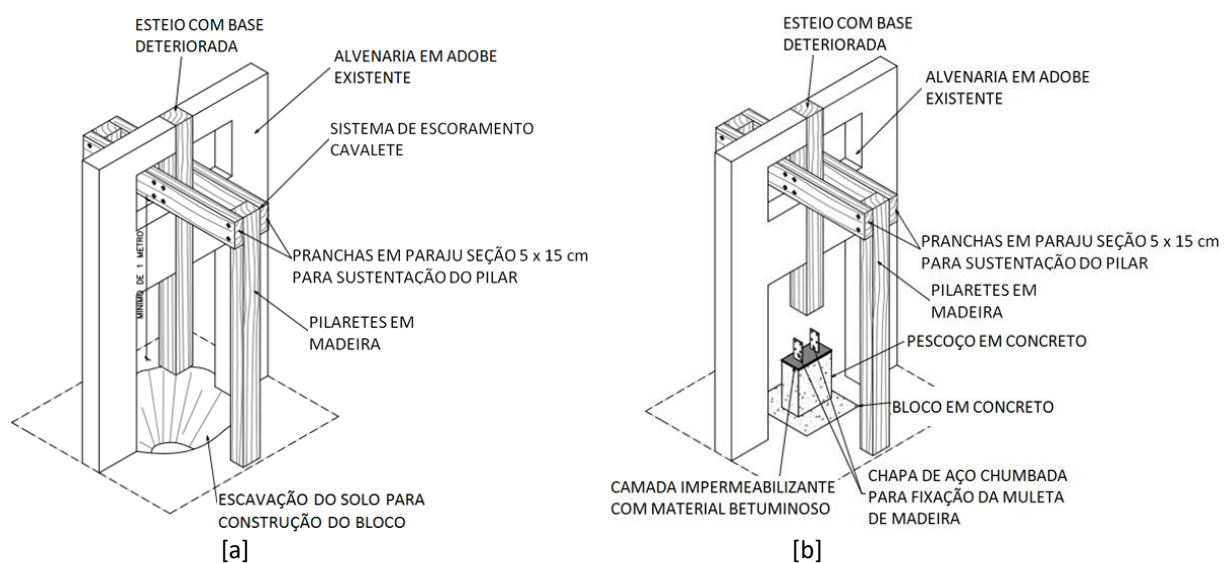


FIGURA 13: [a] Escavação para o bloco de fundação; [b] Concretagem do bloco e pescoço.

FONTE: Consmara (2016).

6.7 EXECUÇÃO DE CORTE E FUROS NO ESTEIO

A porção não deteriorada dos esteios deverá ser cortada e perfurada em diâmetro nominal de 5/8" (16 mm), para receber nova peça de madeira (muleta). Todos os recortes devem ser pincelados com substrato químico (Figura 14a).

6.8 INSERÇÃO DA NOVA MULETA DE MADEIRA

A nova peça de madeira será ligada ao esteio por meio de parafusos de cabeça francesa com porca e arruela de diâmetro nominal igual a 1/2" (12.5 mm) e integradas ao pescoço de

concreto por meio de chapas de aço resistentes à corrosão. A nova base do esteio deverá receber tratamento químico adequado (Figura 14b).

6.9 RECOMPOSIÇÃO DA ALVENARIA

O sistema de escoramento deverá ser retirado após a colocação da nova peça de madeira. Os furos executados no esteio serão preenchidos com bóttons de madeira da mesma espécie. Para finalizar, a alvenaria será recomposta, assim como seu acabamento (Figura 15).

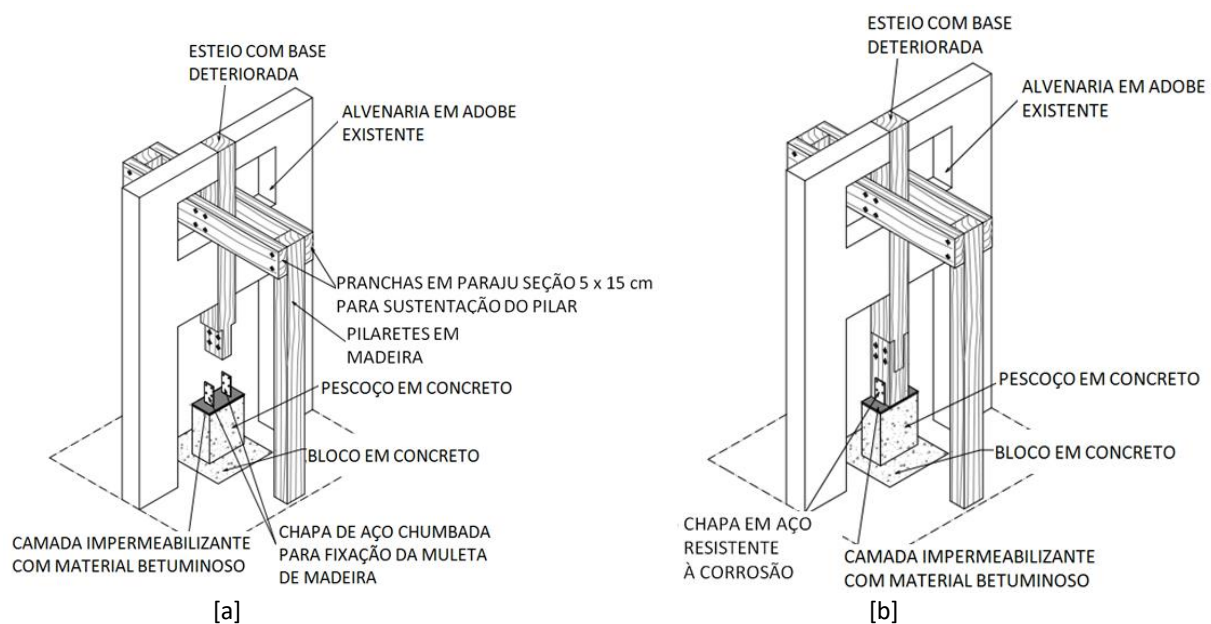


FIGURA 14: [a] Execução de cortes e furos no esteio; [b] Inserção da nova muleta de madeira.
FONTE: Consmara (2016).

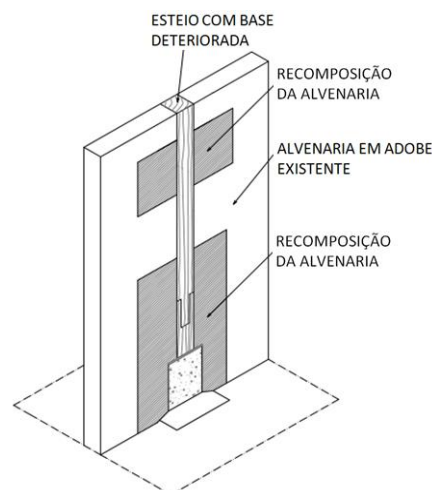


FIGURA 15: Recomposição da alvenaria.
FONTE: Consmara (2016).

5. CONCLUSÕES

Grande parte das edificações históricas do país tem a sua estrutura composta por madeira e apresentam-se em deterioração. Vista a importância cultural e histórica de tais edificações, faz-se necessária a restauração dos seus elementos artísticos e funcionais, tais como as estruturas. Este trabalho sequenciou as etapas de projeto de restauração e de recuperação de estruturas de madeira, em particular, os esteios (pilares). A estrutura de madeira da Igreja Nossa Senhora do Carmo, em Diamantina, apresentava patologias relacionadas à ação do tempo e intemperismo, como apodrecimento por umidade, perda de ligação entre elementos e, principalmente, perda de matéria devido a insetos xilófagos. Para a recuperação, uma proposta de intervenção foi realizada, onde as superfícies devem ser tratadas quimicamente com o objetivo de conter as infestações de patógenos. Além disso, será necessária a substituição de parte do elemento estrutural por madeira nova tratada e sua ancoragem em nova estrutura de fundação, feita em concreto armado. Quanto ao fator econômico, ficou evidente a possibilidade de diminuição de custos a partir do tratamento de elementos em madeira pré-existentes na edificação, sendo necessária a substituição apenas de parte da estrutura, cujo comprometimento estrutural esteja comprovado por ensaios e testes.

É importante salientar que, muitas vezes, os projetos de recuperação estrutural de madeiras não atendem necessariamente à normalização em vigor (NBR 7190 - ABNT, 1997), em relação ao cálculo de esforços e dimensionamento de seções, já que os projetos de restauração têm como princípio a conservação das características estéticas e funcionais de ambientes de notória importância. Apesar disto, neste estudo de caso, foi imprescindível reforçar os esteios por meio da execução de fundações, de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), de maneira a estabilizar a estrutura.

Tendo em vista os aspectos abordados, as pesquisas atuais avançam substancialmente no

campo de restauração de pisos e coberturas de madeira. O mesmo não tem acontecido para suas estruturas suporte. Portanto, este trabalho traz uma contribuição inédita de recuperação de esteios (pilares) e a técnica apresentada é uma das diversas soluções que podem ser desenvolvidas e aprimoradas para casos semelhantes. Ainda assim, essa metodologia, inevitavelmente, necessita utilizar os elementos próximos à estrutura, alterando-os. Por este motivo, é interessante que outros estudos exponham técnicas de recuperação estrutural intrínsecas a restaurações, que sejam menos destrutivas e que tenham potencial para menores interferências na arquitetura e nos acabamentos artísticos originais das edificações.

6. AGRADECIMENTOS

À CONSMARA Engenharia, pela disponibilização de material técnico sobre a obra de restauração, objeto deste artigo, e à PUC Minas, pelo apoio indireto ao trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- BRANCO, J. M.; SOUSA, H. S.; TSAKANIKI, E. **Non-destructive assessment, full-scale load-carrying tests and local interventions on two historic timber collar roof trusses**, Engineering Structures, Vol. 140, 2017, 209-225 p.
- BRITO, L. D. Patologias em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas)- Universidade de São Paulo, USP. São Carlos, Brasil, 2014, 502 p.
- CALÍ, A.; MORAES, P. D.; VALLE, A. Estruturas históricas de madeira: efeitos de intervenções sobre a rigidez nos elementos horizontais. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II CONGRESO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

CONSMARA . **Caderno de encargos: Igreja Nossa Senhora do Carmo**. Belo Horizonte, MG. 2016, 313 p.

CORREA, M. V.; VELOSO, G. D.; ALFIERI, P. V.; ROSATO, V. G. Análisis del estado de deterioro de maderas de importância patrimonial. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II CONGRESO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

CUSTÓDIO, J.; BROUGHTON, J.; CRUZ, H. **A review of factors influencing the durability of structural bonded timber joints**, International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 29 (2), 2009, 173-185 p.

FERREIRA, F. Recuperação de estruturas de coberturas tradicionais de madeira: análise de alguns exemplos. In: SEMINÁRIO DE COBERTURAS DE MADEIRA, 2012, Guimarães, Portugal. **Coberturas de Madeira**. Guimarães: UMINHO, 2012.

FIGUEREDO, C. A.; BREMER, C. F.; CARRASCOO, E. V. M. Utilização da termografia como técnica não destrutiva no diagnóstico de manifestações patológicas ocultas em madeira s de edificações antigas. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II CONGRESO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

FONTE, A. P. N.; ANJOS, R. A. M.; KOVALSKI, M.; OLIVEIRA, G. R.; BERNARDO, J. **Avaliação da cobertura de madeira de uma edificação histórica – Casa da Cultura da Colônia de Murici – São José dos Pinhais – PR**, Ciência Florestal, Vol.27, 2017, 353-375 p.

FRANKE, S.; FRANKE, B.; HARTE, A. M. **Failure modes and reinforcement techniques for timber beams – State of the art**, Construction and Building Materials, Vol. 97, 2015, 2–13 p.

GONZAGA, A. L. Madeira: uso e conservação. Brasília, DF. 2006, 246 p.

HORTA, A.A. Igreja do Carmo. **Estrela Polar**, Diamantina, 5 jul. 1959. Ano 200 (9).

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. Revista do patrimônio histórico e artístico nacional, Brasília, DF. 1979, 482 p.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Ministério da Cultura, Brasília, DF. 2005, 76 p.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Lista dos bens culturais inscritos nos livros do tomo 1938-2012**, Brasília, DF. 2013, 157 p.

ITÁLIA. Ministério de Instrução Pública. Carta do restauro. Roma, 1972. 18 p.

JÚNIOR, J. A. B. Avaliação não destrutiva da capacidade resistente de estruturas de madeira de edifícios antigos. Tese (Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado)- Universidade do Porto, FEUP. Porto, Portugal, 2006, 208 p.

LUZIO, M. A. M. Verificação da segurança da estrutura de madeira de uma moradia: estudo de caso. Tese (Mestrado em Construções Cívicas)- Universidade do Porto, FEUP. Porto, Portugal, 2011, 130 p.

MOREIRA, M. F. J. Reabilitação de estruturas de madeira em edifícios antigos: estudo de caso. Tese (Mestrado em Construções Cívicas)- Universidade do Porto, FEUP. Porto, Portugal, 2009, 121 p.

MOURÃO, P. K. C. A capela Nossa Senhora do Carmo de Diamantina. **O Diário**, Belo Horizonte, 6 dez. 1957. Caderno de Cultura.

NEGRÃO, J. H. Comportamento no plano e fora do plano de pavimentos de madeira. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II CONGRESO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

RODRIGUES, J. D. Etapas e fases nas intervenções de conservação. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARACTERIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA PEDRA, 2016, Congonhas, Brasil. **Curso Caracterização e Conservação da Pedra**. Congonhas: UFMG, 2016.

SANTOS, J. F. **Memórias do Distrito Diamantino**. Vol. I- Rio de Janeiro/ RJ: Livraria Castilho, 1924.

SILVA, L. C.; CARRASCO, E. M.; VIEIRA, E. Reabilitação estrutural e ensaios não destrutivos em tesouras de caibro armado dos forros oitocentistas luso-brasileiros: problemáticas de conservação. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II CONGRESO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

TAILLEFER, F. J. I.; MARTITEGUI, F. A.; HERRERO, M. E.; MALDONADO, I. B.; GONZÁLEZ, G. I. Diagnóstico de la cubierta y bajocubierta de madera de um edificio agroforestal y propuesta de actuación. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II

CONGRESSO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.

TEREZO, R. F.; ROSA, T. O.; STUPP, A. M.; BOURSCHEID C. B.; ROSA, G. O. Avaliação para recuperação da estrutura de cobertura em madeira de prédio no centro histórico de Florianópolis, Brasil. In: II CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Y II CONGRESSO IBERO-LATINOAMERICANO DE LA MADERA EM LA CONSTRUCCIÓN, 2017, Buenos Aires, Argentina. **Madera em la Construcción**. Buenos Aires: UNNOBA, 2017.