

## **“RETROFIT” DE UMA EDIFICAÇÃO DE MADEIRA CONSTRUÍDA COM O SISTEMA VIGA-PILAR EM MORRETES-PR**

### **RETROFIT OF A WOOD BUILDING CONSTRUCTED WITH POST AND BEAM- SYSTEM IN MORRETES-PR**

**C. Laroca <sup>(1)</sup> (A), E. Penner <sup>(1)</sup>**

(1) Profa. Dra. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Endereço de contato: wood\_arquitetura@hotmail.com; (A) Apresentador

**Código de identificação: T7-12**

#### **Resumo**

A região sul do Brasil possui uma forte tradição construtiva em madeira. Os primeiros colonizadores encontraram uma imensa floresta com araucária que foi explorada intensivamente para a construção de móveis e edificações até a sua proibição definitiva de corte em 2001. No entanto a partir de década de 1980 procurou-se alternativas em relação ao suprimento de madeira para a construção de casas, surgindo várias empresas que comercializavam casas utilizando espécies de madeira vindas da região norte do país. O sistema construtivo que estas empresas utilizavam era o de viga-pilar e paredes maciças com encaixe macho-fêmea. Uma destas unidades foi construída próximo ao município de Morretes-PR (Brasil), em uma localidade denominada Porto de Cima. O objetivo deste trabalho é demonstrar como foi realizado o “retrofit” desta edificação. Este trabalho foi desenvolvido em três etapas: O levantamento arquitetônico da edificação, um programa de necessidades para a elaboração do projeto de modificação e ampliação e a própria execução do projeto. Como resultado a edificação ganhou um incremento de área e uma nova finalidade de utilização.

**Palavras chave:** retrofit; casa de madeira

#### **Abstract**

*The southern part of Brazil has a strong tradition in wood constructions. The first settlers found a huge Araucaria forest that had been intensively exploited for construction of furniture and buildings until its definitive prohibition of cut in 2001. From the decade of 1980, many companies were searching alternatives for supply of wood. These companies start commercializing houses using species coming from the north part of the country. The constructive system that these companies used was post and beam and massive walls. One of these units was built near from Morretes-PR (Brazil), in a locality called Porto de Cima. The main goal of this work is to demonstrate how the retrofit of this building was done. This work was developed in three stages: the elaboration of a modification program, the expansion project and the construction of the building itself. As result, the building has gained an increase of area and a new purpose of use.*

**Keywords:** retrofit; wood house

## 1. INTRODUÇÃO

Até o início da década de 1980 a paisagem paranaense era composta por uma arquitetura singular de madeira. As edificações eram construídas utilizando o sistema construtivo de tábuas com mata juntas, um sistema característico do sul do país. A matéria prima utilizada era proveniente da imensa área de florestas com araucária que foi exaustivamente explorada em toda a região sul até a sua proibição definitiva no ano de 2001. No entanto, muito antes do ano de 2001 o número de edificações novas em madeira foi gradativamente diminuído, até a sua quase extinção.

Na década de 1980 surgiu em Curitiba várias empresas que fabricavam e comercializavam ou apenas comercializavam casa pré-fabricadas em madeira. Estas casas diferenciavam-se das antigas tradicionais construções em madeira em dois aspectos: pelo seu sistema construtivo e pelas espécies de madeira utilizadas em sua construção. Estes dois aspectos contribuíram para o surgimento de uma nova linguagem arquitetônica em substituição ao ritmo estético utilizado nas fachadas das antigas casas de tábuas e mata juntas. As edificações de madeira foram sofrendo diversos preconceitos com a invenção da modernidade e a fixação do conceito de “casa sólida” ou de aparência sólida com o uso do tijolo e do concreto [1].

A partir da década de 1980 o sistema construtivo utilizado em edificações de madeira passou a ser o de viga-pilar ou o montante e painéis portantes um tipo de vedação em tábuas com encaixe macho e fêmea no sentido horizontal, que contribuiu para que o usuário tivesse a percepção de solidez e nada se parecesse com a estética da casa de tábuas e mata juntas. Pode-se afirmar então que houve uma mudança de cunho estético uma vez que, neste caso, a madeira tropical passou a ser mostrada e não escondida pela pintura ou revestimento da edificação com chapas de fibras.

Mesmo com a criação desta nova estética comparando-se o número de casas de madeira com o número de casas de alvenaria, construídas dentro do perímetro urbano, conclui-se que a proporção era muito desigual. O usuário passou a identificar este tipo de arquitetura como sendo a mais apropriada para a construção de casas de campo, como o sistema construtivo mais escolhido para uma segunda residência. Uma destas unidades, objeto deste trabalho foi construída na localidade de Porto de Cima, Município de Morretes, Paraná, no ano de 1994, como a segunda residência da família Maranhão.

No decorrer do tempo estas edificações construídas na década de 90, tornam-se obsoletas, seja pelos novos materiais e recursos que os avanços tecnológicos propiciaram, ou simplesmente pela perda de funcionalidade decorrente principalmente de modificações de uso, como foi o caso da edificação, objeto desta pesquisa.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar como foi realizado o *retrofit* de uma edificação de aproximadamente 22 anos em madeira implantada na localidade de Porto de Cima, município de Morretes, Paraná, Brasil.

## 3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas. Na primeira etapa foi realizado o levantamento arquitetônico da edificação e a inspeção estrutural e de possíveis patologias. Na segunda etapa foi definido um programa de necessidades para a elaboração do projeto de modificação e ampliação da edificação. Na última etapa foi realizada a execução da obra. Como resultado a edificação ganhou um incremento de área e uma nova finalidade de utilização.

#### 4. APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *RETROFIT*

O conceito de *retrofit* vem latim, “*retro*”, significa movimentar-se para trás e “*fit*”, do inglês, significando adaptação ou ajuste. Este termo surgiu no final da década de 90 nos Estados Unidos e na Europa. A princípio o termo foi utilizado na aviação e mais tarde aplicado a construção civil. A ideia consiste em modernizar, tornar contemporâneo, prolongar vida útil do edifício, agregando tecnologia e novas formas de utilização [2]. O conceito de *retrofit* também corrobora com o conceito de sustentabilidade em dois aspectos, o primeiro ao prolongar a vida útil do edifício evita-se o seu descarte ou desmonte gerando uma enorme quantidade de resíduos, o segundo aspecto é evitar um grande dispêndio energético em suas diversas operações. Em relação a este conceito pode-se observar ainda que os sistemas construtivos em madeira possuem uma enorme vantagem em relação aos sistemas convencionais, a flexibilidade que é a característica que permite que o edifício se adapte de maneira fácil, isto é, pode ser remodelado e adaptado.

#### 5. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ FABRICADO CASEMA

A Casema Indústria e Comércio Ltda atuou no mercado de casas pré-fabricadas a partir da década de 1970, no entanto, o sistema construtivo de painéis portantes entrou em produção industrial na década de 1980 [2]. A empresa produzia “kits de madeira” pré-fabricados para fins prioritariamente residenciais (e comerciais em menor escala), no início oferecendo suporte aos proprietários auto gerirem as suas obras. Mais tarde a empresa montou um sistema de representação de vendas e expandiu suas atividades para várias regiões do país. Os representantes além de fornecerem o madeiramento indicavam a mão de obra capacitada ou muitas vezes geriam algumas obras. Por volta do ano 1986 foi construído um modelo (exposição) no município de Curitiba, PR, que passou a fornecer este tipo de edificações para todo o estado.

O sistema construtivo comercializado caracterizava-se por utilizar montantes e tábuas com encaixes macho e fêmea. Os painéis de parede possuíam uma modulação básica de 25cm, eram montados *in loco*. Ao contrário do sistema construtivo convencional em alvenaria, em que a parede não tem função estrutural, o fechamento em madeira também possui uma alta resistência mecânica que contribui para a estabilidade global da estrutura. As pranchas de parede possuíam uma espessura de 4,5cm, a última peça de arremate denominava-se frechal. Os montantes, também estruturais (11x11cm) possuem diversas configurações de acordo com a sua posição (meio da parede, canto, entre outros) (Tab. 1 e Fig. 1).

O sub-sistema cobertura é formado por sete tipos de componentes principais: vigas, caibros e ripas. As vigas de cobertura eram dimensionadas para diferentes vãos e codificadas de v1 a v4. Também faziam parte do kit caibros (C), ripas (R) e meia tábua (1/2T, dimensionadas de acordo com as cargas do telhado e o vão a ser vencido. Os kits de casas eram fabricados em diversas espécies, ou conforme o caso, cada categoria de peças poderia ser fabricada em uma determinada espécie (Tab. 1 e Fig. 1)

Tabela 1: Componentes do sistema construtivo Casema, elaborada a partir de Barata, 2008

|  |  |
|--|--|
| Montantes                                  |  MP Paralelo  M3 <sup>3</sup> CANAIS  M1 <sup>1</sup> CANAL  MC CANTO  1/2 M COM CANAL                              |
|  |  1C M1+ <sup>a</sup> 45esp  M4 <sup>4</sup> CANAIS  1C M1+ <sup>a</sup> 45  1C MC+ <sup>a</sup> 45  1/2 M SEM CANAL |
| Vigas                                      |  V1<br>7.3x24.3  V2<br>7.3x15.3  V3<br>4.5x15.3  V4<br>4.5x11.3  CAIBRO<br>4.5x7                                    |
| Pranchas de parede – encaixe macho e fêmea |   |

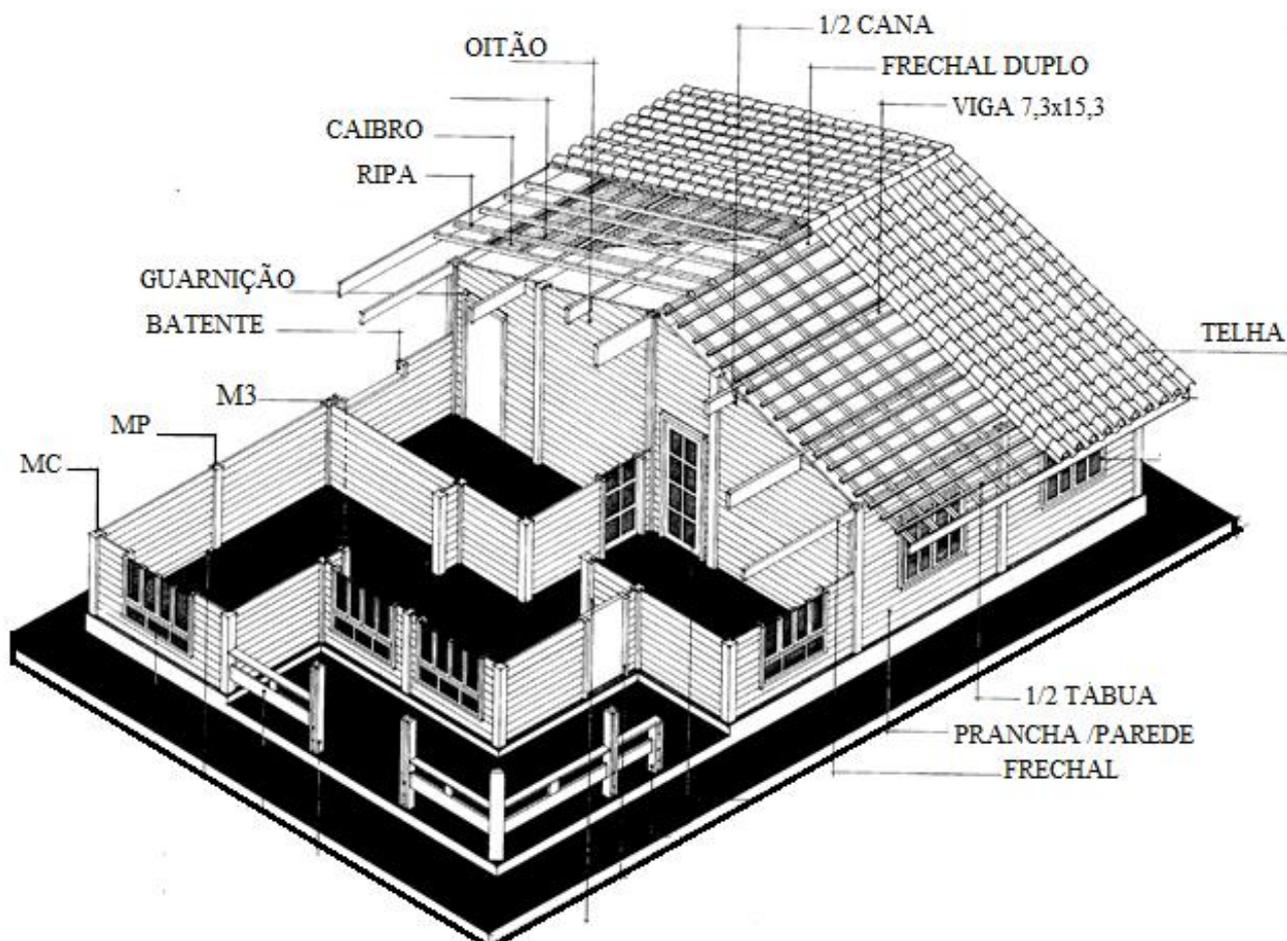


Figura 1: Componentes do sistema construtivo CASEMA  
Fonte: CASEMA, 2007

## 6. INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

Verificou-se que se tratava de uma edificação térrea, um “kit padrão” com área total de 186m<sup>2</sup>, com ambientes de estar, jantar, cozinha e três dormitórios sendo uma suíte (Fig. 2 e 3). No decorrer dos anos o proprietário realizou apenas pequenas modificações em relação ao projeto original fornecido pela empresa CASEMA.



Figura 2: Fachadas frontal e lateral

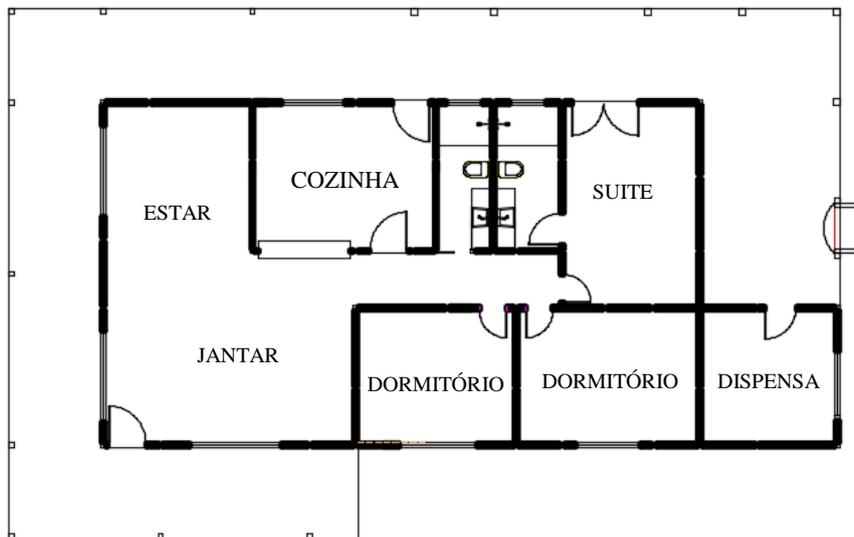


Figura 3: Planta original

O primeiro procedimento realizado foi a inspeção e diagnóstico global da edificação. O objetivo foi a avaliação do real estágio de degradação da edificação e sob o ponto de vista estrutural e de patologias. Para realizar a inspeção foram elencadas uma lista de patologias com maior probabilidade de ocorrência [3], apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Falhas construtivas e patologias mais frequentes, elaborado a partir de Barata, 2008

| INTERFACES   | POSSIVEIS FALHAS CONSTRUTIVAS E PATOLOGIAS   | sim | não |
|--|--|-----|-----|
| Interface fundação/prancha e montante  | Infiltração de água junto a prancha de parede, Apodrecimento das peças do topo das peças |     | x   |
|  | Posicionamento dos montantes e pranchas fora dos eixos da base                           |     | x   |
| Interface estrutura / vedação  | Infiltração de água pelo canal do montante   |     | x   |
|  | Infiltração de água entre as pranchas de parede  |     | x   |
|  | Assentamento irregular do painel parede  |     | x   |
|  | Assentamento irregular do frechal e viga   |     | x   |
|  | Falta de ancoragem da viga na parede   |     | x   |
|  | Movimentação irregular da estrutura de cobertura   |     | x   |
|  | Infiltração de água e apodrecimento das terças   |     | x   |
|  | Indícios de fungos de podridão úmida*  | x   |     |
| Interface Parede/ esquadrias e portas  | Infiltração de água de chuva entre o caixilho e o batente                                |     | x   |
|  | Infiltração de água de chuva no canal do batente   |     | x   |
|  | Funcionamento inadequado das portas  |     | x   |
| *podridão úmida crescerem em madeiras levemente úmidas, como a utilizada em telhados e outras situações de edificações sujeitas ao gotejamento ou à condensação de água, eles requerem maior teor de umidade na madeira que os de podridão seca e também causam danos expressivos na madeira para uso externo, onde ocorre sua umidificação de forma persistente [2] |  |     |     |

Após a inspeção concluiu-se que a edificação se encontrava em um bom estado de conservação. De acordo com relatos do proprietário foram realizadas manutenções regulares ao longo de toda a sua vida útil. Neste caso foi interessante observar dois pontos importantes em relação as boas condições da edificação, a proteção dos elementos estruturais como montantes e painéis de parede

das águas da chuva por uma grande varanda que circundava quase toda a edificação e a utilização de calhas nos beirais. Nas paredes em que não havia a proteção da varanda foi observado alguns pontos onde havia fungos de podridão úmida. [3]. Os fungos de podridão úmida geralmente crescerem melhor em madeiras levemente úmidas, como a utilizada em telhados e outras situações de edificações sujeitas ao gotejamento ou à condensação de água, eles requerem maior teor de umidade e podem causar danos expressivos na madeira, onde ocorre sua umidificação de forma persistente [3]. Neste caso verificou-se que a parede onde havia um tanque e ficava exposta às intempéries havia proliferação de fungos.

A umidade do solo tende a subir por capilaridade (geralmente até 1,5m) através da estrutura de fundação de concreto atingindo a estrutura de madeira (montantes e paredes). Neste caso observou-se que os sistemas utilizados na impermeabilização da fundação foram eficientes, não sendo observado nenhum problema quanto a deterioração da base dos montantes e pranchas de parede. Quanto ao subsistema fundação não foi observado qual quer tipo de movimentação ou patologia.

No subsistema cobertura também não foi observado nenhum tipo de infiltração de água, as telhas estavam adequadamente encaixadas e as estruturas do telhado (vigas, caibros, ripas e forros) preservadas. Devido ao bom estado de conservação da cobertura também não foi observado quaisquer patologias nas outras peças estruturais.

De acordo com o proprietário e posteriormente confirmado pelo fabricante a espécie utilizada foi a maçaranduba (*anilkara spp.*, Sapotaceae). Esta espécie possui como características cerne e alburno, distintos pela cor, cerne vermelho-claro tornando-se vermelho-escuro com o tempo [5]. Neste caso não se observou peças que continham quaisquer proporções de alburno, contribuindo também para as boas condições gerais da edificação. Com relação as características sensoriais a maçaranduba pode ser descrita macroscopicamente como madeira de brilho; cheiro e o gosto imperceptíveis, densidade alta; dura ao corte; grã direita; textura fina [5]. Quanto a durabilidade natural a madeira de maçaranduba é resistente ao ataque de fungos apodrecedores e cupins subterrâneos, porém apresenta moderada resistência aos cupins de madeira-seca. Neste caso não foi observado ataque de quaisquer tipos de agentes xilófagos como cupins de madeira seca [5]. Após a inspeção verificou-se que a seria possível realizar intervenções como mudança de *layout* com ou sem acréscimo de pavimentos.

Em temos estruturais este sistema construtivo é caracterizado por ser o de montantes com um tipo de vedação em tábuas com encaixe macho e fêmea no sentido horizontal, podendo ser considerado com ou sem a colaboração portante da vedação. Se não for considerada a colaboração portante da vedação, apenas os montantes teriam a função de pilares, responsáveis pela transmissão das cargas. Nesse caso, pelas dimensões dos montantes, seriam pilares com esbeltez alta, em torno de 94,6 que corresponde a um pilar esbelto. Porém, o próprio sistema construtivo com encaixes macho e fêmea que, a rigor, forma um painel estrutural, servem como travamento dos pilares, fato que evita a possível ocorrência da flambagem, descaracterizando completamente a alta esbeltez desses montantes. Sendo assim, a vedação de fato funciona como um painel autoportante, capaz de absorver esforços e distribuir as tensões como um pilar-parede, inclusive possibilitando esforços de vigas apoiadas sobre as mesmas.

## 7. DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE INTERVENÇÕES

Nesta etapa foram realizadas entrevistas com os proprietários, tendo como objetivo de elaborar um programa de necessidades e um plano de ocupação. A edificação foi implantada em uma fazenda com área livre, não havendo restrições de recuos ou taxas de ocupação impostas pelos órgãos legais. A casa foi originalmente concebida para atender as necessidades de uma família de porte pequeno (4 pessoas). No decorrer do tempo a família foi se modificando e com isso haveria a necessidade de uma ampliação de área. Durante entrevista com os proprietários ficou definido que

seria desejável um acréscimo das áreas comuns e do quarto do casal. Ficou então estabelecido que o quarto do casal ficaria no pavimento inferior para um incremento de área e pelo requisito de acessibilidade. Os demais dormitórios deveriam ser alocados para o pavimento superior. No pavimento térreo haveria ainda a necessidade de criar uma rouparia, um espaço de armazenagem (Fig. 4 e 5). Durante a elaboração do plano de ocupação foram levadas também em consideração outras condicionantes como a posição da edificação existente em relação a trajetória solar e de ventos predominantes.

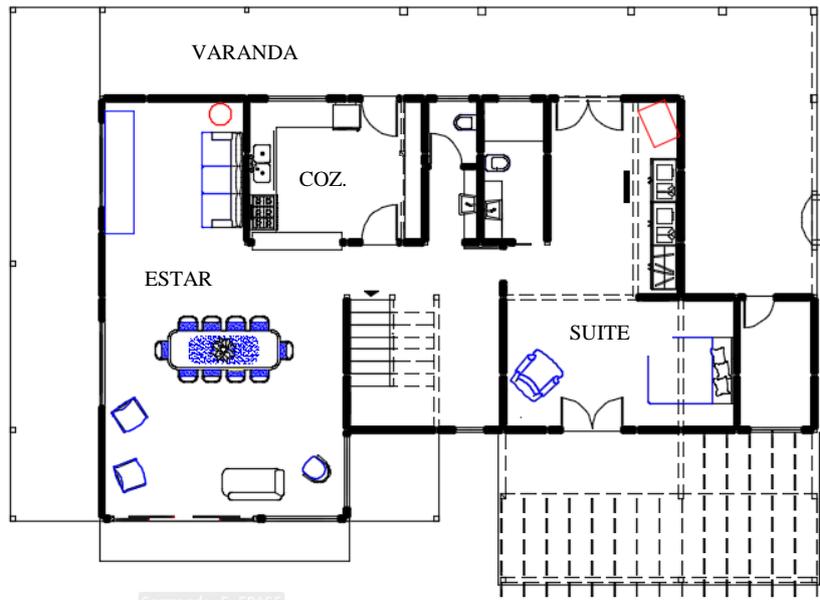


Figura 4: Planta do pavimento inferior

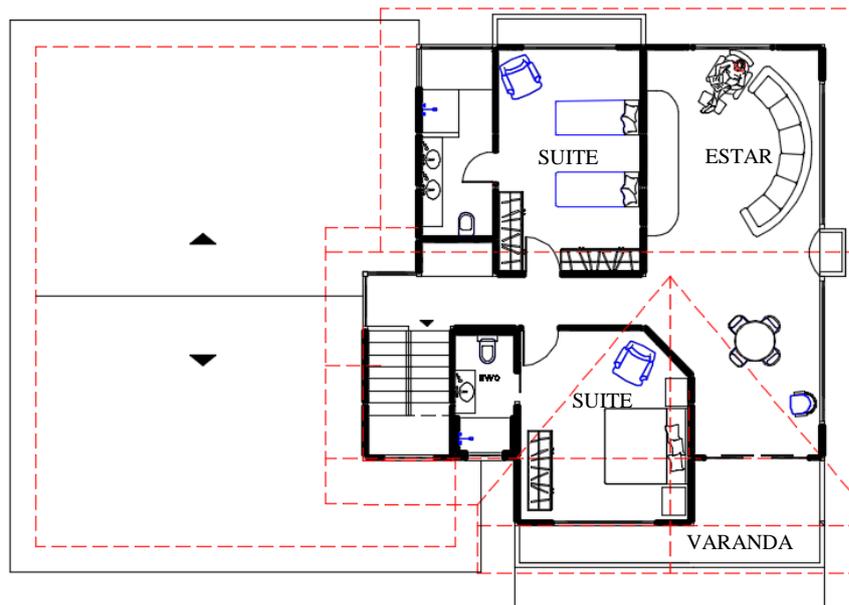


Figura 5: Planta do pavimento superior

No sistema convencional de alvenaria o projeto legal é composto de plantas cortes e elevações, na maioria dos casos não há a preocupação em desenvolver um projeto que leva em consideração as várias interfaces. A elaboração de projetos de edificações em madeira requer um nível de

desenvolvimento e detalhamento muito mais complexo, envolvendo soluções técnicas para as várias interfaces.

A improvisação é indesejável, para evita-la é necessário um projeto em que todos os elementos sejam previamente planejados. Fazem parte deste projeto diversos desenhos onde o elemento em questão é representado isoladamente, no entanto conectando-se com o todo. Neste caso por exemplo foram elaborados desenhos que não fazem parte de um projeto arquitetônico convencional como a planta de locação dos montantes, planta de painéis indicando o seu dimensionamento e corte, a disposição e quantidade de peças, planta de vigas-cintas e vigas entre pisos, planta de barroteamento do piso, planta de paginação do piso, planta de locação de vigas, caibros, entre outros. Houve também a necessidade da execução de vários cortes e elevações e inúmeros detalhes de interfaces.

### 7.1 Adequação dos requisitos de conforto térmico da edificação

De acordo com a NBR 15220 Desempenho Térmico de Edificações, 2003, partes de 1 a 3 [6] o município de Morretes –PR pertence a zona bioclimática 3, como diretrizes projetuais a norma indica aberturas médias para ventilação e sombreamento das aberturas no verão bem como permitir a insolação das fachadas no período de inverno. Os tipos de vedações externas preconizadas para esta zona são paredes leves e refletoras e cobertura leve e isolada, os parâmetros para estes quesitos estão indicados na Tabela 3. Com relação ao fator de ganho de calor solar de elementos opacos não foram encontrados o índice de absorvância da madeira de maçaranduba e jatobá, por isso este item não pode ser verificado.

O proprietário decidiu executar o telhado com telhas de concreto na cor cinza, calculando-se os parâmetros de transmitância térmica e atraso térmico verificou-se que com relação ao verão a edificação não atende a NBR15220 (2003), pois como resultado obteve-se  $U=4,15 \text{ W/m.K}$  (verão), e no inverno  $U=1,8 \text{ W/m.K}$ . Neste caso o critério de escolha de materiais foi apenas estético nem sempre as decisões construtivas obedecem a parâmetros técnicos.

Tabela 3: Parâmetros da NBR15220 (transmitância térmica, atraso térmico e Fator solar

| Vedações externas |                | Transmitância Térmica-U<br>W/m.K | Atraso térmico- $\psi$<br>Horas | Fator solar- FS<br>% |
|-------------------|----------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| PAREDES           | Leve           | $U \leq 3,00$                    | $\psi \leq 4,3$                 | $FS_{so} \leq 5,0$   |
|                   | Leve refletora | $U \leq 3,60$                    | $\psi \leq 4,3$                 | $FS_{so} \leq 4,0$   |
|                   | Pesada         | $U \leq 2,00$                    | $\psi \geq 6,5$                 | $FS_{so} \leq 3,5$   |
| COBERTURAS        | Leve isolada   | $U \leq 2,00$                    | $\psi \leq 3,3$                 | $FS_{so} \leq 6,5$   |
|                   | Leve refletora | $U \leq 2,30$                    | $\psi \leq 3,3$                 | $FS_{so} \leq 6,5$   |
|                   | Pesada         | $U \leq 2,00$                    | $\psi \geq 6,5$                 | $FS_{so} \leq 6,5$   |

Como estratégias de condicionamento passivo durante o período de verão há a necessidade de ventilação cruzada e no inverno aquecimento solar da edificação e paredes pesadas. A NBR15220 de 2003 preconiza uma transmitância térmica,  $U \leq 3,60$ . A composição da parede em questão tem com resultado um  $U=3,03$ , portanto atende neste quesito a NBR 15.220 (2003). A capacidade térmica da parede é de 48,24 e o atraso térmico neste caso é de 2,8 horas, portanto com relação a estes dois quesitos o sistema construtivo também atende a NBR 15220 (2003).

Com relação as áreas de abertura para ventilação a NBR 15220 (2003) preconiza aberturas médias de com áreas entre 15% a 25% da área do piso do compartimento conforme Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros da NBR15220 (tamanho das aberturas para ventilação)

| Aberturas para ventilação | A (em % da área do piso) |
|---------------------------|--------------------------|
| Pequenas                  | 10% < A < 15%            |
| Médias                    | 15% < A < 25%            |

Para o projeto das aberturas a única condicionante não foi a área de aberturas indicada na referida norma. Um fator importante que foi levado em consideração é o microclima da região, este sitio encontra-se na parte inferior (nível 0) do pico do Marumbi, montanha que possui 1.539m de altura, modificando fortemente o regime de circulação de ar da região, por isso foram previstas aberturas maiores que as indicadas na NBR 15220/2003. No caso o ambiente da cozinha e o estar não possuem divisória constituindo-se assim um ambiente único. (Tabela 5)

Tabela 5: Aberturas em relação ao percentual da área dos pisos

| Pavimento. Inferior |                            |                 | Pavimento Superior |                            |                 |
|---------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|-----------------|
|                     | Área(m <sup>2</sup> )/piso | % A. piso vent. |                    | Área(m <sup>2</sup> )/piso | % A. piso vent. |
| Estar/jantar        | 45,11                      | 23,54%          | Dormitório 2       | 16,60                      | 27,83%          |
| Cozinha             | 12,32                      | 13,63%          | Dormitório 3       | 16,93                      | 27,28%          |
| Dormitório 1        | 29,18                      | 20,15%          | Estar íntimo       | 34,79                      | 37,59%          |
| Bwc 1               | 1,64                       | 34%             | Bwc1               | 7,11                       | 20%             |
| Bwc 2               | 4,38                       | 10,95%          | Bwc2               | 3,98                       | 20%             |

## 8. EXECUÇÃO DAS INTERVENÇÕES

A execução de edificações em madeira ao contrário do que ocorre em um sistema convencional de alvenaria não se inicia no canteiro de obras. A primeira fase da execução é a preparação das peças na carpintaria. Esta etapa é complexa inicia-se pelo recebimento da matéria prima, classificação e preparo de cada grupo de peças (pranchas de parede, oitões, vigas cintas, entre outros.). Em um segundo momento as peças são organizadas e codificadas de forma que fique bem claro em que lugar deve ser disposta. (Fig.5a)

Neste caso, em relação a matéria prima utilizada, seria desejável que a ampliação fosse executada com a mesma espécie de madeira originalmente utilizada na edificação existente, no entanto a oferta de madeira é sazonal. Explora-se intensivamente uma única espécie até a sua quase extinção. Neste caso não havia a disponibilidade de madeira de Maçaranduba. A espécie disponível era o jatobá (*Hymenaea spp.*, Leguminosae), proveniente da região norte do país cujas algumas propriedades se assemelham a maçaranduba. Conforme a comparação (tab. 6) Como as características do jatobá são semelhantes ao da maçaranduba foi possível utilizar esta espécie, [5].

Tabela 6: Comparação entre as características da madeira de Maçaranduba e Jatobá

|                               | Maçaranduba   | Jatobá  |
|-------------------------------|---|---|
| Cor                           | Vermelho claro  | Castanho-avermelhado ao castanho-amarelado,   |
| Alburno                       | Alburno branco-amarelado  | Alburno branco-amarelado  |
| Grã                           | Grã direita   | Grã regular a irregular   |
| Classe de resistência         | C60   | C60   |
| Durabilidade                  | Resistente ao ataque de fungos apodrecedores e cupins subterrâneos. Apresenta moderada resistência aos cupins-de- | É considerada altamente resistente aos térmitas e fungos de podridão branca e parda,    |
| Densidade de massa            | A 15% de umidade ( $r_{ap, 15}$ ): 1000 kg/m <sup>3</sup>   | Aparente a 15% de umidade ( $r_{ap, 15}$ ): 960 kg/m <sup>3</sup>                       |
| Contração volumétrica         | Radial: 6,8 % ; Tangencial: 11,0 %<br>Volumétrica: 19,0 %   | Radial: 3,1 % ; Tangencial: 7,2 %<br>Volumétrica: 10,7 %                                |
| Resistência a flexão          | Madeira a 15% de umidade: 62,6 MPa  | Madeira a 15% de umidade: 51,8 MPa  |
| Compressão paralela as fibras | Resistência ( $f_{c0}$ ): Madeira verde: 59,8 MPa;<br>Madeira a 15% de umidade: 73,9 MPa                          | Resistência ( $f_{c0}$ ):<br>Madeira verde: 67,0 MPa Madeira a 15% de umidade: 82,2 MPa |

A segunda etapa foi realizada no canteiro de obras, iniciou-se pelos serviços preliminares de desmonte da estrutura do telhado de algumas paredes conforme indicado no projeto da estrutura antiga. Em seguida iniciou-se processo de montagem do segundo pavimento. A sequência de montagem foi a colocação das vigas cintas (Fig 6b), montagem do barroteamento do piso superior (Fig.6c). Esta sequência foi fundamental para permitir as que as operações de montagem da próxima etapa se concentrassem no segundo pavimento (Fig. 6d).

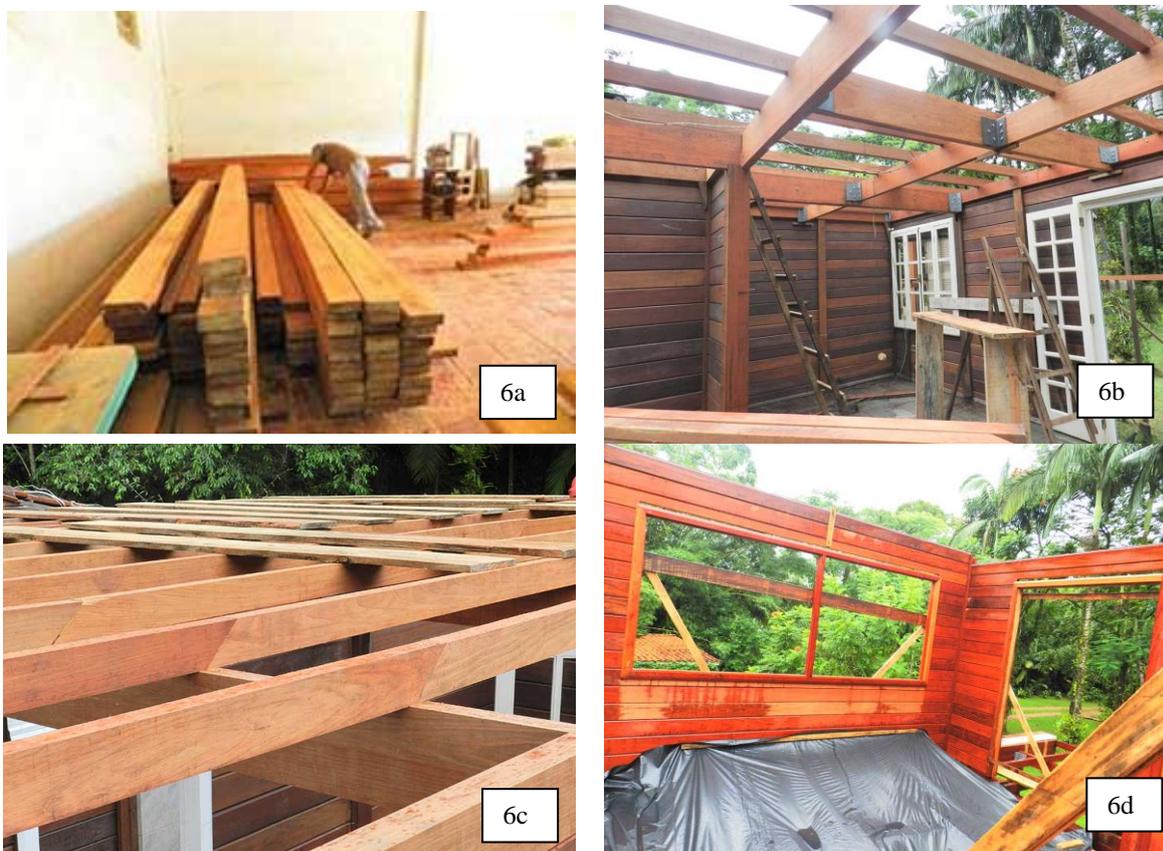


Figura 6: Execução da obra

As paredes hidráulicas das áreas molhadas foram executadas em alvenaria de tijolos e posteriormente revestidas com placas cerâmicas decorativas (azulejos). As instalações elétricas foram embutidas no interior dos montantes, os pontos de tomadas, interruptores foram previstos em uma etapa anterior. A última etapa foi de acabamento da obra. Nesta fase foram lixados todos os componentes de madeira (vigas, paredes, assoalho, janelas, entre outros), e impermeabilizados com *stain* (impregnante) com proteção para raios UV. Todos os tetos foram pintados com esmalte a base de água semi brilho branco com o de melhorar a reflexão da luz no interior da edificação, figuras 7, 8 e 9.



Figura 7: Vistas externas da edificação



Figura 8: Vista interna da edificação (estar)



Figura 9: Vistas internas da edificação (suíte inferior e bwc)

## 9. CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que é possível de uma maneira simples modernizar, tornar contemporâneo, prolongar vida útil do edifício. Este conceito é estreitamente relacionado as construções em madeira, pois, todas as peças podem ser reaproveitadas, a quantidade de resíduos é quase nula. No entanto o grande desafio em relação a obra em si foi a falta de mão de obra profissional e altamente qualificada para a execução de serviços de carpintaria. O Brasil não possui tradição construtiva em madeira, pois não há um grande número de construções que usam prioritariamente a madeira. Também não há curso de formação de carpinteiros e a nova geração não se interessa pelo ofício. Pode-se dizer que este talvez seja o principal gargalo no que tange ao incremento do número de edificações em madeira no país.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- [1] BATISTA, F.D. A casa de madeira, um saber popular. Ed. Arquibrasil, 2011
- [2] BARRIENTOS, M. I; G. G. QUALHARINI. *Retrofit* de construções, metodologia de avaliação. X Encontro Nacional do Ambiente Construído São Paulo, 2004
- [3] BARATA, T.Q.F. Contribuições para o desenvolvimento de sistema construtivo pré fabricado em madeira. Dissertação de mestrado, São Carlos, 2001
- [4] MORESCHI, J.C. Biodegradação e preservação da madeira 4ª edição, 2013 Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR
- [5] IPT, Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo, Ficha técnica de madeiras brasileiras disponível em: [http://www.ipt.br/consultas\\_online/informacoes\\_sobre\\_madeira/busca](http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca). Acesso em outubro de 2016
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15220 partes de 1 a 3, Desempenho Térmico em Edificações 2003