UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de São Carlos
Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo

Título da Tese:

A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas. Estudos de casos: os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju.

Ivan Manoel Rezende do Valle

São Carlos – 2011

IVAN MANOEL REZENDE DO VALLE

A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas. Estudos de casos: os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju.

Tese apresentada na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor em arquitetura

Área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Akemi Ino

São Carlos - 2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

VI81p	<p>Valle, Ivan Manoel Rezende do</p> <p>A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas : estudos de casos : os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju / Ivan Manoel Rezende do Valle ; orientadora Akemi Ino. -- São Carlos, 2011.</p> <p>Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.</p> <p>1. Estruturas de madeira. 2. Processos pré-fabricados. 3. Madeira. 4. Florestamento. 5. Assentamento rural. I. Título.</p>
-------	---

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Arquiteto IVAN MANOEL REZENDE DO VALLE.

Tese defendida e julgada em 17/02/2011 perante a Comissão Julgadora:

Prof^a. Associada **AKEMI INO - (Orientadora)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Associado **JOÃO ADRIANO ROSSIGNOLO**
(Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos)

APROVADO

Prof. Associado **JOSÉ NIVALDO GARCIA**
(Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

APROVADO

Prof^a. Dr^a. **ROSA MARIA BITTENCOURT**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP/campus de Guaratinguetá)

APROVADO

Prof. Titular **CARLITO CALIL JUNIOR**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Titular **RENATO LUIZ SOBRAL ANELLI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo

Prof. Associado **PAULO CÉSAR LIMA SEGANTINE**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

Dedico este trabalho à minha esposa, Inês, que com seu amor e carinho me apoiou em todos os momentos desta longa caminhada, sempre ao meu lado.

Dedico também ao meu filho, Thiago, que mesmo distante, estava em meu coração e pensamento, me motivando a continuar caminhando, sempre.

Dedico à minha mãe, Ivanise, minha irmã Dulce e a todos meus irmãos e irmãs que sempre me apoiaram. À memória de meu pai, Geraldo Ribeiro do Vale.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço à Akemi Ino que me proporcionou o acesso ao Grupo Habis e que, além de minha orientadora, se tornou uma verdadeira amiga. Da mesma maneira, agradeço também ao Ioshiaqui Shimbo pela prestatividade de sempre.

Aos amigos do Grupo Habis, àqueles que já tomaram seu rumo na vida – Albenise, Carol, Fernando Machado, Maristela, Leonardo Egas, Lúcia Zanin, Nagui, Marta Kawamura, Tati Imoto e Thaís – e àqueles da nova geração – Danusa, Everton, Guilherme, Livia Goes, Livia Ikemori, Jaqueline, Maira, Marcelo Gaetani, Maurício Corba, Rafael Maia, Rodolfo, Rosana Folz, Simone Tavares, Thaisa e Tilião.

Ao Ricardo Dias, colega do Habis, do doutorado e dos estudos da madeira.

Aos funcionários da EESC: Marcelinho e Geraldo da secretaria do PPGAU; Fátima e Sérgio, da secretaria da Arquitetura; Samuca, Silvinho e Bragatto do LaMEM; Dibo e Dinei do Laboratório de Maquete e Modelos da Arquitetura.

Às famílias que participaram do Projeto Inovarural no Assentamento Rural Pirituba II, em Itapeva – SP e às famílias do Assentamento Rural Sepé Tiaraju, em Serra Azul - SP.

À Universidade de Brasília e à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB que me concedeu a licença para esta capacitação na EESC/USP.

À Universidade de São Paulo, junto ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC, que me proporcionou todas as condições para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Programa PICDT da CAPES, junto ao Decanato de Pesquisa e Pós-graduação da UnB, na concessão da bolsa.

A todos meus parentes e amigos de Brasília, da UnB, de Lavras, de São Carlos e de tantas outras paradas, que estão sempre prontos a oferecer seu apoio e carinho; considerem o meu agradecimento.

Ao S. Nilson e à memória da D. Nilza, meus sogros.

Por fim, agradeço a Deus por me dar sabedoria para desenvolver e finalizar este trabalho e por estar aqui com saúde.

“... Valorizar as árvores e a madeira é a única alternativa possível para fazer cessar a devastação florestal no país. Ensinar a nossa população a explorar racionalmente as florestas e criar novas riquezas e belezas com a madeira, a depender da natureza para avançar na vida.

... Devemos trazer a floresta para dentro de casa, virar raízes de árvores mortas para o teto, conviver com todos os animais reais e imaginários, governar a nós mesmos para entender melhor a vida, fazer a cabeça de nosso país ...

... Precisamos crescer para estar a altura da natureza do Brasil.”

*José Zanine Caldas*¹

¹ Extraído de SILVA, Suely Ferreira da. **Zanine: sentir e fazer**. 3ª edição. Editora Agir. Rio de Janeiro. 1991. “*Minha homenagem ao mestre ‘in memoriam’*”.

Resumo

VALLE, I. M. R. **A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas. Estudos de casos: os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju.** 2010. 352 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

Grande parte das moradias brasileiras apresenta coberturas inadequadas, conforme indicação de pesquisa sobre o deficit habitacional. A carpintaria dessas coberturas necessita de mão de obra qualificada e materiais de custos elevados, porém, na maioria dos casos ainda hoje utiliza processo construtivo artesanal. O objetivo deste trabalho é identificar quais as condições necessárias para viabilizar a produção de sistemas de cobertura adotando o processo de pré-fabricação com madeiras de florestas plantadas, em contextos com precariedades, como nos casos dos assentamentos rurais. Os estudos se concentraram em dois assentamentos rurais; no primeiro, Assentamento Rural Pirituba II no município de Itapeva - SP, foi desenvolvido o sistema de cobertura VLP (vigas laminadas pregadas) e empregado em 35 moradias; no segundo, Assentamento Rural Sepé Tiaraju localizado no município de Serra Azul - SP, foi desenvolvido o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados e empregado em 67 moradias. A estratégia adotada para a coleta de dados do produto e do processo aconteceu ao longo da cadeia de produção dos sistemas de cobertura, começando pelo desenvolvimento do projeto, passando pela realidade social do assentamento até a aplicação das propostas em cada assentamento. O desenvolvimento e escolha da proposta elaborada utilizam o processo participativo com envolvimento direto das famílias em todo o processo. Os resultados obtidos permitem concluir que ambos os sistemas de cobertura pré-fabricados atendem às condições necessárias na redução de custos com materiais e mão de obra melhorando a qualidade de acabamento dos sistemas de cobertura mesmo trabalhando em situações com precariedade de infraestrutura. A relevância da pesquisa está no fato de agregar valores não comuns às coberturas das habitações rurais possibilitando a replicação dos princípios adotados em situações semelhantes, mesmo que em contextos diferentes, demonstrando que a pré-fabricação com o processo participativo podem ser alternativas viáveis para comunidades organizadas.

Palavras chave: Sistema de cobertura. Pré-fabricação. Madeiras. Florestas plantadas.

Assentamento rural. Processo participativo.

Abstract

VALLE, I. M. R. **The two prefabricated roofing systems with soft-wood from reforestations. Case Studies: the rural settlements Pirituba II and Sepé Tiaraju.** 2010. 352 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

There are many Brazilian houses with inadequate roofs, as indicated by research on the housing deficit. The traditional build-up roofs require skilled labor and expensive materials, made in a handmade construction process. The objective of this research is to identify the necessary conditions to enable the production of roof systems by adopting the pre-fabrication with soft-wood from reforestations, to be applied in precarious situations, such as are found in rural settlements. The studies focused on two rural settlements. At the first, in the Pirituba II (Itapeva – SP, Brazil), it was designed the roof system NLB (nailed laminated beams) which covered 35 houses. In another context, the Sepé Tiaraju, located in the municipality of Serra Azul – SP (Brazil), it was designed the roof system in prefabricated wood panels, applied in 67 houses. The strategy for collecting data about the product and the process occurred throughout the production chain of roofing systems, starting with the participatory design, through the found social reality, to implementation of proposals in each rural settlement. The development and selection of the proposed solutions counted with the direct involvement of the families throughout the process. With the results it is concluded that both prefabricated roof systems meet the conditions of cost reductions of materials and labor, improving the quality of the finish of the roof system, even when working in situations with precarious infrastructure. The relevance of this research is to add not common value to the roof of rural housing, enabling the replication of the principles in similar situations and demonstrating that the prefabrication and participatory design can be viable alternatives to organized communities.

Keywords: Roof system. Prefabrication. Soft-wood. Reforestation. Rural settlement. Participatory design.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA – O PROBLEMA DE PESQUISA.....	25
CAPÍTULO 2 - ABORDAGEM DO TEMA NA LITERATURA E SUA RELEVÂNCIA CIENTÍFICA	33
2.1. As florestas plantadas no contexto brasileiro da construção civil	33
2.2. A situação do <i>Pinus</i> frente às questões do mercado da construção	42
2.3. Cadeia de produção da madeira.....	49
2.4. Sistemas construtivos em madeira	51
2.4.1. Sistema construtivo pilar-viga	54
2.4.2. Sistema construtivo entramado.....	57
2.4.3. Sistema construtivo em madeiras maciças empilhadas.....	59
2.4.4. Sistema construtivo em painéis pré-fabricados.....	61
2.5. Industrialização e racionalização da construção civil.....	62
2.6. Graus de industrialização de sistemas construtivos em madeira	66
2.7. Pré-fabricação da construção em madeira no Brasil	69
2.8. A pré-fabricação nos sistemas de cobertura em madeira.....	72
2.9. Sistemas de cobertura em madeira empregados no Brasil	77
2.9.1. Sistema de cobertura em tesoura ou treliça.....	79
2.9.1.1. Treliça Howe - também denominada tesoura com diagonais normais.....	81
2.9.1.2. Treliça Pratt, ou tesoura com diagonais invertidas.....	81
2.9.1.3. Treliça Belga.....	82
2.9.1.4. Treliça Fink ou Polonceau	82
2.9.1.5. Treliça Bowstring.....	82
2.9.1.6. Treliça de banzos paralelos.....	83
2.9.2. Sistema de cobertura pontaletado	84
2.9.3. Sistema de cobertura tesoura caibro	85
CAPÍTULO 3 - PERGUNTAS E ESTRATÉGIAS DE PESQUISA, CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS EMPÍRICOS E AS CADEIAS DE PRODUÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURA	87
3.1. Perguntas, hipóteses e objetivos da pesquisa.....	88
3.2. Estratégia de pesquisa e método para a coleta de dados	91
3.3. Localização dos objetos empíricos	94
3.3.1. O Assentamento Rural Pirituba II e os projetos das casas	95
3.3.2. O Assentamento Rural Sepé Tiaraju e os projetos das casas	100

3.4. Cadeia de produção dos dois sistemas de coberturas	104
3.4.1. Cadeia de produção do sistema de cobertura VLP em Pirituba II.....	104
3.4.2. Cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no Sepé Tiaraju.....	106
CAPÍTULO 4 - SISTEMA DE COBERTURA VLP DESENVOLVIDO PARA O ASSENTAMENTO RURAL PIRITUBA II.....	109
4.1. Projeto do sistema de cobertura VLP	109
4.1.1. O projeto do sistema de cobertura convencional para 6 casas de Pirituba II.....	117
4.2. Processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura VLP	120
4.2.1. Estudos do potencial de materiais da região.....	122
4.2.2. Desenvolvimento de alternativas de sistemas de cobertura para Pirituba II	125
4.2.2.1. 1ª alternativa - o componente de cobertura Laje forro	127
4.2.2.2. 2ª alternativa - o componente de cobertura Laje forro mais leve	129
4.2.2.3. 3ª alternativa - o componente de cobertura Paineis viga forro.....	131
4.2.2.4. 4ª alternativa – o componente de cobertura Paineis viga forro com 2 vigas compostas	134
4.2.2.5. A 5ª alternativa – a VLP (Viga laminada pregada)	136
4.2.2.6. O projeto executivo dos componentes VLP simples de 2,70 m e 3,40 m.....	139
4.2.2.7. O projeto executivo dos componentes da estrutura de apoio	143
4.2.2.7.1. A viga da cozinha – o desenvolvimento da VLP composta	143
4.2.2.7.2. A viga do beiral – o desenvolvimento da VLP do beiral.....	147
4.2.2.7.3. A viga da varanda – o desenvolvimento da VLP da varanda	148
4.2.3. Participação das famílias no desenvolvimento do projeto da cobertura.....	150
4.3. Processo de experimentação no laboratório do sistema de cobertura VLP	152
4.3.1. Ensaios da VLP simples.....	153
4.3.2. Experimentação na casa do Camilo.....	155
4.3.3. Ensaios da VLP composta	157
4.4. Processo de aquisição dos materiais para o sistema de cobertura VLP	160
4.4.1. Levantamento dos fornecedores de materiais para a cobertura VLP	161
4.4.2. Negociação e compra dos materiais para a cobertura VLP	163
4.4.3. Organização das famílias para o recebimento dos materiais da cobertura VLP ..	165
4.5. Processo de produção dos componentes do sistema de cobertura VLP	168
4.5.1. Organização do local de produção em Pirituba II.....	170
4.5.2. Capacitação das famílias para a produção dos componentes VLP	173
4.5.3. Etapa de confecção dos componentes VLP na marcenaria.....	174
4.6. Processo de montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro	180

4.6.1. Etapa de preparo das interfaces	185
4.6.2. Etapa de assentamento das VLP simples.....	186
4.6.3. Etapa de assentamento da tabeira e dos revestimentos cerâmicos da cobertura	188
4.6.4. Etapa de emboçamentos gerais.....	189
4.6.5. Etapa de assentamento do forro	190
CAPÍTULO 5 - SISTEMA DE COBERTURA PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DESENVOLVIDO PARA O SEPÉ TIARAJU	193
5.1. Projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados	193
5.2. Processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados	200
5.2.1. Levantamentos e estudos preliminares.....	202
5.2.2. Desenvolvimento de alternativas	205
5.2.2.1. Alternativa 1 – o sistema de cobertura VLP – vigas laminadas pregadas.....	206
5.2.2.2. Alternativa 2 – Sistema de cobertura convencional.....	207
5.2.2.3. Alternativa 3 – Sistema de cobertura convencional em composição com tábuas de <i>Pinus spp.</i>	208
5.2.2.4. Alternativa 4 – Sistema de cobertura Painéis pré-fabricados em composição com tábuas de <i>Pinus spp.</i>	210
5.2.3. Participação das famílias na escolha do projeto da cobertura	211
5.2.4. Verificações dimensionais do sistema de cobertura	215
5.3. Processo de produção experimental	218
5.3.1. Mesa de produção dos painéis – MPP.....	220
5.3.2. Produção experimental dos painéis A, B, C e D	222
5.3.3. Projeto do protótipo da cobertura.....	227
5.3.4. Experimentação - montagem da cobertura experimental.....	229
5.4. Processo de aquisição dos materiais para o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados	236
5.4.1. Levantamento de fornecedores de materiais para a cobertura	238
5.4.2. Negociações e compras dos materiais para a cobertura	239
5.4.3. Organização das famílias para a aquisição dos materiais da cobertura	240
5.5. Processo de produção dos Painéis pré-fabricados na marcenaria.....	243
5.5.1. Organização do local de produção dos painéis.....	245
5.5.2. Capacitação das famílias para a produção dos painéis	248
5.5.3. Confecção dos Painéis pré-fabricados na marcenaria.....	250

5.6. Processo de montagem do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no canteiro de obras	253
5.6.1. <i>Etapa de preparo das interfaces</i>	257
5.6.2. <i>Etapa de assentamento dos painéis</i>	258
5.6.3. <i>Etapa de assentamento das tabeiras, testeiras e conduítes da instalação elétrica</i>	260
5.6.4. <i>Assentamento dos revestimentos cerâmicos de cobertura – as telhas</i>	261
5.6.5. <i>Etapa de emboçamentos gerais</i>	262
CAPÍTULO 6 - ANÁLISE DOS SISTEMAS DE COBERTURA PRÉ-FABRICADAS	263
6.1. Condições para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais..	264
6.1.1. <i>Preparação do local de pré-fabricação dos componentes</i>	264
6.1.1.1. <i>Infraestrutura predial</i>	265
6.1.1.2. <i>Máquinas, equipamentos, ferramentas e insumos</i>	267
6.1.1.3. <i>Transporte dos componentes para o canteiro de obras</i>	268
6.1.2. <i>Capacitação da mão de obra para a pré-fabricação</i>	269
6.1.3. <i>Síntese das condições necessárias para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais</i>	270
6.2. Materiais empregados no processo de produção na marcenaria e no canteiro de obras – quantidades, consumos e custos	271
6.2.1. <i>Madeiras</i>	272
6.2.1.1. <i>Quantitativos – volumes e perdas</i>	273
6.2.1.2. <i>Relação do consumo de madeira</i>	275
6.2.1.3. <i>Custos das madeiras</i>	277
6.2.2. <i>Demais materiais</i>	280
6.2.3. <i>Síntese dos materiais empregados</i>	281
6.3. Pré-fabricação dos sistemas de cobertura nas marcenarias	283
6.3.1. <i>Grau de dificuldade na etapa de pré-fabricação</i>	283
6.3.2. <i>Tamanho da equipe e tempo de produção</i>	284
6.3.3. <i>Eficiência do equipamento de produção dos componentes</i>	285
6.3.4. <i>Síntese da pré-fabricação dos sistemas de cobertura</i>	287
6.4. Montagem dos sistemas de cobertura nos canteiros de obras.....	287
6.4.1. <i>Grau de dificuldade nas etapas de montagem</i>	287
6.4.1.1. <i>Etapa de preparo das interfaces</i>	287
6.4.1.2. <i>Etapa de assentamento dos componentes da trama</i>	288
6.4.1.3. <i>Etapa de assentamento das tabeiras, testeiras e conduítes elétricos</i>	288
6.4.1.4. <i>Etapa de assentamento dos revestimentos cerâmicos da cobertura</i>	289

6.4.1.5.	<i>Etapa dos emboçamentos gerais</i>	289
6.4.1.6.	<i>Etapa de assentamento do forro</i>	289
6.4.2.	<i>Síntese do grau de dificuldade nas etapas de montagem</i>	289
6.4.3.	<i>Tamanho da equipe e tempos de produção</i>	290
6.4.3.1.	<i>Etapa de preparo das interfaces</i>	291
6.4.3.2.	<i>Etapa de assentamento dos componentes da trama e da estrutura de apoio</i>	291
6.4.3.3.	<i>Etapa de assentamento das tabeiras, testeiras e conduítes elétricos</i>	292
6.4.3.4.	<i>Etapa de assentamento dos revestimentos cerâmicos da cobertura</i>	293
6.4.3.5.	<i>Etapa dos emboçamentos</i>	293
6.4.3.6.	<i>Etapa de assentamento do forro</i>	294
6.4.4.	<i>Síntese do tamanho da equipe e dos tempos de produção nas etapas de montagem</i>	294
6.5.	<i>Síntese dos dados analisados no processo de pré-fabricação dos sistemas de cobertura</i>	296
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES		301
7.1.	<i>Diretrizes para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais – novos estudos</i>	308
REFERÊNCIAS		311
APÊNDICE 1		321
APÊNDICE 2		327
APÊNDICE 3		333
ANEXO 1		347

CAPÍTULO 1 - Contextualização do tema de pesquisa – o problema de pesquisa

A Fundação João Pinheiro², órgão conveniado ao PNUD³ e MinC⁴ para pesquisas sobre o déficit habitacional brasileiro, incluiu em 2007 o termo ‘cobertura inadequada’ como mais um critério para a avaliação da qualidade das moradias brasileiras, independentemente da análise quantitativa do déficit habitacional. (BRASIL, 2008) Essa inclusão vem afirmar a relevância que as coberturas das residências têm para a questão habitacional brasileira. Uma cobertura adequada protege a moradia das intempéries e oferece aos usuários segurança, conforto e higiene.

Simplificadamente, pode-se dizer que a cobertura em uma moradia - residência unifamiliar - começa na laje (quando esta existe), ou na parte mais elevada das paredes do pavimento superior, e termina nos materiais de revestimentos (as telhas). O edifício de múltiplos andares - residências multifamiliares -, apesar de características diferentes das casas, possui cobertura que deve levar em consideração as mesmas questões da casa, quais sejam, atendimento às necessidades dos usuários e às condições em que estarão expostas. Porém, essa cobertura apresenta a característica de se responsabilizar por um coletivo, diferentemente da residência unifamiliar, predominante no cenário das cidades brasileiras, onde a cobertura da moradia se responsabiliza em atender a uma família.

As periferias das regiões metropolitanas brasileiras e da maioria das grandes e médias cidades têm como principal característica a moradia em condições inadequadas⁵, ou seja, carência de infraestrutura, inadequação fundiária, adensamento excessivo, ausência de banheiros e cobertura improvisada ou rústica. No que diz respeito às coberturas, é notória a presença de casas com suas coberturas inacabadas, ou com a presença da laje.

A laje nas coberturas das casas das periferias das regiões metropolitanas tem uma característica relevante para seus moradores, ou proprietário. Ela representa a possibilidade do aumento de renda da família, pois uma laje permite que um novo pavimento seja agregado à casa e, conseqüentemente, um novo imóvel que pode vir a ser alugado ou vendido. Guardada as questões técnicas de segurança estrutural, entre outras tantas que caberiam destacar, essa é

² Órgão da Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão do Governo de Minas Gerais

³ Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Projeto BRA/00/019 – projeto de apoio à implementação do programa Brasil/Habitar/BID

⁴ Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Habitação

⁵ Não estão inclusos as moradias improvisadas ou rústicas, estas fazem parte do déficit habitacional (BRASIL, 2008)

uma realidade que vem se repetindo com bastante frequência. Fica, portanto, uma pergunta: quais motivações essa família terá para fazer a cobertura definitiva sobre a laje, com os materiais adequados, se ela pode perder a chance de aumentar sua renda com um novo aluguel? E ainda terá o trabalho de, mais tarde, retirar esses materiais (talvez perdendo-os) para levantar um novo pavimento?

Além desse potencial gerador de renda, a cobertura de qualquer residência tem sua complexidade técnica construtiva, independentemente da classe a que se destina. Geralmente necessita de um profissional carpinteiro com experiência na leitura e compreensão do projeto de arquitetura e de estrutura; com conhecimentos gerais sobre os materiais aplicados; que tenha domínio das técnicas construtivas e uso das ferramentas de trabalho; que tenha conhecimento de prevenção e proteção aos riscos que o trabalho em si apresenta por estar quase sempre em “alturas”; e, por último, que tenha responsabilidade sobre seu trabalho, considerando-se a importância que a cobertura representa para a moradia, exigindo que seja realizado um trabalho eficiente.

Pode-se então elencar uma série de questões relativas à cobertura, enquanto subsistema de uma construção: 1ª. custo dos materiais; 2ª. custo da mão de obra; 3ª. grau de dificuldade da técnica construtiva; e 4ª. grau de importância do subsistema (face ao papel que representa para o conjunto da moradia).

Num contexto construtivo residencial das cidades brasileiras, considerando que grande parte da população brasileira ainda se encontra na faixa de renda de até cinco salários mínimos⁶, o critério que determina a escolha da técnica construtiva da cobertura está diretamente relacionado com seu custo total; custo com os materiais e com a mão de obra.

Pode-se dizer que a técnica construtiva do sistema de cobertura com telhas de fibrocimento até alcança os objetivos do critério de custo – o revestimento é barato e consome pouca madeira na trama estrutural. Porém, pouco, ou nada, atende às exigências dos usuários e às condições de exposição. Apenas como exemplo, além do risco comprovado que representa para a saúde, não oferece o mínimo conforto térmico ao ambiente construído em todas as estações do ano, sendo frio no inverno e quente no verão.

Então, o critério ‘custo’ deixa de determinar a escolha dessas famílias? Não, pois as famílias continuam sem condições financeiras para adquirir materiais de melhor qualidade e, geralmente, de custo elevado. Entretanto, a necessidade por uma moradia que tenha a cobertura com

⁶ Segundo dados do Ministério da Fazenda, o valor do salário mínimo, a partir de janeiro de 2010, é R\$510,00.

desempenho adequado continua. Qual a solução? Encontrar alternativas de sistemas de cobertura que atendam às exigências dos usuários e às condições de exposição e que estejam ao alcance de suas condições financeiras.

Além das telhas de fibrocimento com cimento amianto (que continuam sendo comercializadas, apesar do pouco uso e da interdição em novas construções no estado de São Paulo), a primeira alternativa de material de revestimento são as telhas cerâmicas, ou, telhas de barro. No emprego desse tipo de revestimento, o sistema de cobertura demanda a técnica de cobertura pontaletada. Esse sistema de cobertura emprega madeira em todos os componentes estruturais: pontaletes, terça, caibro e ripa, todos em madeira. Tal conjunto estrutural sustenta as telhas. Numa situação normal de dimensionamento do madeiramento da cobertura de uma residência popular⁷ com área construída de 63 m², onde se consomem aproximadamente⁸ 2,2 m³ de madeiras na cobertura, pode-se afirmar que os custos com os materiais da cobertura ainda não representam valores atraentes para as famílias de baixa renda. A casa custaria R\$51.471,00 e a cobertura perto de ¼ deste valor, ou seja, aproximadamente R\$13.000,00; o custo da madeira da cobertura seria R\$6.726,148 (peroba).

No meio rural, a exemplo do urbano, algumas dificuldades continuam a existir, com tendência à diminuição dos problemas de comunicação (dado o avanço em tecnologia de telefonia) e de ordem imobiliária (especulações menos agressivas). Continuam as adversidades relacionadas à distância, no acesso às tecnologias (opção de materiais e conhecimento técnico), aos recursos financeiros (financiamentos públicos e na renda particular, historicamente mais baixa que a urbana, entre outros), na ausência do poder público e de políticas públicas e, culturalmente, no preconceito que o homem (ou o modo de vida) do campo ainda sofre, sendo discriminado por morar na 'roça'. Essa problemática reflete na casa do homem do campo, comprometendo sua qualidade e, conseqüentemente, na proposição de uma cobertura mais adequada, com melhor desempenho.

Algumas diferenças aconteceram no cenário da vida rural nesses últimos anos. Há uma grande influência da vida urbana sobre a rural. No caso de famílias (re) integradas ao campo, pela política de reforma agrária coordenada pelo INCRA, o que se observa é que boa parte delas carrega consigo características do modo de vida urbano. Apesar de que a própria história de luta

⁷ Dados PINI – residência térrea (63 m²), executada com alvenaria de blocos de concreto; vidros comuns em caixilhos de ferro com pintura esmalte, pintura interna e externa com caiação sobre massa grossa desempenada; cobertura com telhas cerâmicas. Custo total do m² construído: R\$817,90/m²; custo dos materiais: R\$489,65/m²; custo da mão de obra: R\$328,25/m². Madeiras: peroba R\$3.057,34/m³ e pinus R\$519,05/m³. Construção e Mercado, julho de 2010. Piniweb visitado em 09/09/2010. *“Com balanços laterais e frontais de 60 cm; no total dos 2 planos inclinados (35%), a cobertura tem 89 m²”* (dados do autor).

⁸ Para o consumo da cobertura adota-se o índice 0,025 m³/m² (Damiano, 2000).

pela qual passaram, enquanto vivendo nas cidades, não deu a essas famílias o equilíbrio na qualidade de vida pretendida. Ainda assim, muitas delas, nessas condições, optaram pela vida no campo. O modo de vida urbano ainda traz presente e tem forte influência sobre a nova vida do homem no campo. No caso da construção da moradia, essa ‘influência’ pode ser benéfica, por exemplo, na adoção de técnicas de saneamento básico adequadas. Como pode também trazer influências que não têm relação alguma com a moradia rural, como o emprego da laje. Embora não tão difundida no meio rural, algumas famílias requerem o emprego da laje como pré-requisito para a adoção de outra técnica construtiva na cobertura de sua casa.⁹

No que diz respeito aos sistemas de cobertura, a laje nos remete outra vez às cidades, numa alteração que aconteceu fortemente, embora pouco percebida, pois não está explícita sua necessidade, e depende de conhecimentos técnicos construtivos para entendê-la: a substituição da tesoura pelos pontaletes, ou, como é chamada, sistema de cobertura pontaletado.

A tesoura, enquanto estrutura de apoio do sistema de cobertura convencional, repousa suas cargas (pesos da cobertura) sobre as paredes externas, ou sobre pilares que estejam alinhados com as paredes externas. Liberando, assim, as paredes internas para receberem cargas adicionais provenientes da cobertura. Com a ‘chegada’ da laje, as paredes internas passam a receber o peso não só da laje, como também da cobertura. Assim, não só o peso da casa aumenta, como ganha um novo personagem na estrutura. Sendo a laje um novo ‘constituente’ do sistema de cobertura, ela pode receber novas atribuições. E é o que acontece na sequência: ela passa a receber as cargas da cobertura, substituindo a tesoura. Não há mais o vão livre entre as paredes externas; as paredes internas devem ser estruturais, ou conter a estrutura (pilares) para suportar a laje de forro. Surgem, então, os pontaletes de cobertura, ou pilares curtos. Estes se localizam nas linhas onde antes atuavam as tesouras e sustentam diretamente as terças. Os pontos de apoio dos pontaletes estão sobre vigas ou mesmo pilares, contidos nas lajes da cobertura.

O sistema de cobertura convencional passa a contar com uma alteração na sua constituição. A estrutura de apoio, antes representada pela tesoura, passa a ser substituída pelos pontaletes. Em muitos lugares, esse sistema é o mais empregado hoje em dia no Brasil e, dessa forma, passa a ser considerado o sistema de cobertura convencional. O sistema de cobertura onde a estrutura de apoio conta com tesouras deixa de ser convencional, apesar de ainda ser utilizado, e passa a ser denominado de ‘tradicional’.

⁹ Um morador do Assentamento Rural Sepé-Tiarajú construiu sobre as paredes de alvenaria (blocos aparentes autoportantes) uma laje pré-moldada e sobre ela a cobertura de painéis pré-fabricados. Sua justificativa para o uso da laje era que aumentaria a resistência da casa.(???) Ele arcou com as despesas da laje pré-moldada.

Muito se discute sobre a complexidade técnico-construtiva de uma carpintaria de cobertura. Para aqueles que a constroem, principalmente os carpinteiros, o sistema de cobertura convencional é de natureza simples – principalmente com a substituição da tesoura pelos pontaletes. Suas ligações são fáceis de ser executadas, e a madeira é um material ‘bom’ de se trabalhar, principalmente quando se empregam madeiras macias – associando as características de exequibilidade e trabalhabilidade.

Os profissionais da construção, os engenheiros, arquitetos, entre outros, têm opinião bastante diferenciada sobre o grau de dificuldade desse ofício – a carpintaria. O que nos parece, enquanto profissionais da construção, é que, pelo grau de responsabilidade (ou talvez importância) que a cobertura representa para a edificação e seus usuários, a questão da dificuldade deixa de ser o principal fator a ser observado. A responsabilidade que a cobertura representa para os usuários e o edifício é de natureza complexa e demanda uma série de observações que precisam ser analisadas para que esta apresente um desempenho eficiente.

O critério de escolha do sistema de cobertura não pode ser apenas o econômico. Aliás, a colocação correta é: o desempenho do sistema de cobertura não deve ser critério de escolha, ele deve estar incluído no ‘pacote de série’¹⁰ de sistemas de cobertura, ser obrigatório. Sendo assim, todos os sistemas de cobertura devem partir do pressuposto de que são eficientes e atendem às exigências dos usuários e às condições de exposição.

O critério de escolha do sistema de cobertura pelo custo mais baixo continua a prevalecer, pelo menos para aqueles que têm limitações de recursos financeiros. O desafio passa a ser dos centros de pesquisa: desenvolver sistemas de cobertura que tenham atendidas as normas de desempenho e que sejam acessíveis à população de baixa renda.

Muitos outros desafios podem ser colocados para alcançar o desempenho pretendido, porém, os riscos de aumentar seus custos crescem, na mesma proporção. Por exemplo: quanto dos critérios de sustentabilidade pode ser adotado, sem que isso implique aumentos de custo? Outro: como melhorar a qualidade do sistema de cobertura, sem aumentar os custos finais? Ou ainda: como levar essas novas técnicas para populações com pouca tradição construtiva, morando no campo, com recursos limitados, aproveitando a disponibilidade dos recursos locais, e, ainda assim, oferecer uma cobertura que tenha qualidade e que atenda às normas de desempenho?

¹⁰ Apropriando-se, nesse caso, do significado de termo muito empregado pela indústria automobilística para citar equipamentos que constam na lista de itens obrigatórios quando da aquisição de um veículo.

Segundo Brasil (2008), o deficit habitacional rural em 2006 era da ordem de 1,4 milhões de moradias, ou 16,8% dos domicílios permanentes da zona rural, apresentando tendência de diminuição. A questão do deficit habitacional brasileiro, independentemente de ser rural ou urbano, está longe de terminar. Políticas públicas precisam ser bem planejadas e efetivadas. O exemplo do que aconteceu nos países diretamente envolvidos com a II Guerra Mundial, onde a racionalização do processo de produção da habitação (no pós guerra) foi a principal estratégia adotada para diminuir drasticamente o deficit habitacional (BRUNA, 2002), tem espaço para ser replicado no Brasil. E entre as principais alternativas de racionalização pode ser citada a pré-fabricação dos processos e dos produtos.

A pré-fabricação de sistemas de coberturas em madeira, já nos apresentava Souza (1990), é uma alternativa viável. Muitas pesquisas falam da pré-fabricação, principalmente com o uso de cimento e aço. Poucos falam em empregar a madeira. De fato, a pré-fabricação de componentes, ou partes da edificação, que utilizam a madeira ainda é incipiente e pouco expressiva. Experiências em outros países indicam que a madeira pode ser empregada em grande escala para a produção de habitação, independentemente da classe a que se destina e do estilo arquitetônico. O sistema de produção pré-fabricado está bastante avançado nesses países e várias são as opções quanto ao grau de industrialização: parcial, semi ou inteiramente industrializado.

Muitos ainda questionam o uso da madeira como material de construção, ou sua aplicação em larga escala na construção. Ora, essa questão já deveria estar superada. Mas, dada a velocidade com a qual caminha sua aceitação no mercado brasileiro, fica claro que não está. Muitos erros são cometidos pelos próprios 'defensores' da madeira. Por exemplo: uma construção em madeira mal projetada, por mais bem intencionada que tenha sido sua concepção, pode denegrir a imagem do material. Outro exemplo bastante delicado: aqueles que defendem a floresta (da não exploração¹¹) precisam ter claro o que 'defendem' para não beneficiarem indiretamente os interesses de grupos industriais que produzem outros materiais de construção (cimento e derivados de minérios). Muitas matérias-primas se localizam em áreas florestais e sua produção representa um alto impacto ambiental, pois além de poluírem o ar, a água e o solo, consomem muita energia no processo de transformação da matéria-prima mineral para a produção de material de construção. Ressalte-se também o fato de que a maioria dessas grandes empresas não preserva nem a matéria-prima vegetal, nem a flora existente que estão sobre suas reservas minerais.

¹¹ É importante salientar o sentido do termo "exploração", excluindo seu sentido abusivo. Nesse caso, o melhor termo é o do uso racional, ou, manejo.

E as florestas plantadas? Esse é um dos caminhos, fonte de matéria-prima inesgotável, não apenas renovável. Ao contrário das florestas nativas, nas florestas plantadas o controle sobre a produção (extração) é maior. Pode-se produzir com técnicas de manejo que tornam o plantio fonte inesgotável e altamente produtivo, principalmente em regiões tropicais. Não que essa técnica não possa ser aplicada às florestas nativas – aliás, isso seria o desejável -, mas em florestas plantadas, geralmente localizados em regiões de fácil acesso, é maior o controle sobre a produção.

Infelizmente, grande parte das florestas plantadas, espalhadas em sua maioria pelas regiões Sul e Sudeste do Brasil, não está sendo manejada de forma adequada. Aliás, a produção é voltada principalmente para a produção de energia (siderurgia – madeira ajudando na produção dos metais e cimentos) e da pasta de celulose. Nesses plantios, são feitos cortes rasos da árvore e, posteriormente, replantada uma nova floresta; alcançando idade de corte numa média de 7 a 8 anos, no máximo 14 anos. (KRONKA et al., 2005)

O desejável para a floresta plantada é que, além de ser manejada, ela passe a ser fonte inesgotável de madeira, promovendo seus múltiplos usos, por exemplo, na produção de madeiras para esquadrias, móveis, utensílios domésticos e artesanais, ferramentas, madeiras para construção (estruturas, forro, portas, chapas, pisos, paredes, etc), instrumentos musicais, dentre outros tantos. Diversificando a cultura da floresta plantada em espécies adequadas e direcionadas à função à qual será, ou pode ser, empregada. Dessa maneira, impulsiona-se um outro aspecto, que é a não proliferação da monocultura florestal, ou, florestas plantadas de uma única ou poucas espécies. O correto seria a promoção da floresta plantada consorciada.

Diante de todos esses fatos expostos, a principal questão que se coloca é: podem as famílias, moradoras da zona rural, com limitações de diversas ordens (econômicas, educacionais, sociais, de infraestruturas, geográfica, dentre outras), ter em suas moradias um sistema de cobertura pré-fabricado que empregue madeira de florestas plantadas, que atenda suas exigências e às condições em que está exposta a moradia, apresentando desempenho satisfatório quanto à estrutura, sendo confortável em todos os seus aspectos e com garantia de durabilidade? Com certeza, a maioria de nós gostaria que a resposta a essa questão fosse simples e afirmativa. Mas a realidade é que ela é de natureza complexa e a solução, idem.

Este trabalho apresenta duas alternativas de sistemas de coberturas com qualidade construtiva, redução de custos, inovação no processo e no produto, que foram aplicadas em situações reais, de contextos específicos e adversos e que pretendem servir de referências para situações semelhantes em diferentes localidades. Ainda assim, é importante ressaltar que, quando se

tratar de situações semelhantes em diferentes localidades, seja focada atenção às diretrizes e métodos dos processos sugeridos, e fazer um novo levantamento dos critérios adotados, das exigências dos usuários e das condições de exposição, pois, dessa forma, as referências poderão ser adotadas e adaptadas em qualquer contexto.

CAPÍTULO 2 - Abordagem do tema na literatura e sua relevância científica

Neste capítulo, será desenvolvido todo assunto relacionado com a pesquisa fazendo uma abordagem segundo o tratamento dado pela literatura e sua relevância científica para o contexto atual. Inicia-se pelas florestas plantadas e sua relação com a indústria da construção civil. Ainda na questão das florestas plantadas, discorre-se sobre a madeira do gênero *Pinus* e como ele se posiciona frente ao mercado da construção civil no Brasil.

Faz-se o desenvolvimento do tema 'industrialização da construção civil', iniciando pela cadeia de produção da madeira e finalizando com os "sistemas de cobertura em madeira". A cadeia de produção da madeira com foco na construção civil apresenta-se em várias etapas, desde a floresta até se chegar ao canteiro de obras, onde o produto é empregado de várias maneiras.

Para uma melhor compreensão das construções em madeira, faz-se necessário maior entendimento sobre os sistemas construtivos atinentes, assunto que vem na sequência da cadeia de produção.

A industrialização da construção civil e seus processos de racionalização da construção são apresentados a seguir como caminho para entender a pré-fabricação dos sistemas construtivos e, conseqüentemente, dos sistemas de cobertura. Antes, porém, são explicados os graus de industrialização dos sistemas construtivos e como eles são classificados.

Como etapa da industrialização, a pré-fabricação é um processo que dá base para este trabalho, uma vez que ele apresenta relevante interesse para o desenvolvimento das construções em madeira e como tal foi desenvolvido em texto abrangente desde a pré-fabricação na construção civil, passando pelos sistemas construtivos até os sistemas de cobertura em madeira. O tema "sistemas de cobertura" encerra esta parte do trabalho sobre a industrialização e cita o emprego das madeiras de *Pinus spp* e *Eucaliptus spp* nas coberturas.

2.1. As florestas plantadas no contexto brasileiro da construção civil

O setor florestal brasileiro apresenta números expressivos, dada a sua extensão territorial. A superfície territorial do Brasil é de 851 milhões de hectares e a superfície florestal, distribuída pelos diversos ecossistemas (Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, dentre outros), é 550 milhões de hectares, portanto, mais da metade de seu território está coberta por

florestas. Desses, apenas 1,23% corresponde à cobertura de florestas plantadas, ficando 98,77% restantes cobertos com florestas nativas – destaque para a Floresta Amazônica. Esses números, expressos pela **tabela 1**, por si sós demonstram o potencial que o setor madeireiro representa para a economia brasileira.

Tabela 1 – Cobertura Florestal Brasileira. 2010. Fonte: FAO, ABRAF e ABIMCI

Tipo	Área (ha)	Participação (%)
Florestas Nativas ¹	543.905.000	98,77
Florestas plantadas	6.782.500	1,23
Total	550.688.000	100,00

1. Os dados relativos às florestas nativas são de 2006, ainda que bastante diversos e mesmo superior à dados de outras fontes de anos posteriores

O Brasil não pode ser considerado um bom “gerenciador” de seu patrimônio florestal. Permitiu a extinção de espécies de alto valor, como o pau-brasil, e, a pretexto do desenvolvimento, mas, reconhecidamente sendo negligente, reduziu drasticamente a superfície das matas nativas, como foi o caso da Mata Atlântica, que hoje tem aproximadamente 7% de sua cobertura vegetal original. Todavia, possui uma expressiva superfície de florestas nativas, o que o coloca numa posição de maior responsabilidade frente às decisões que irá tomar no presente, considerando o legado que essas atitudes representam para o futuro.

Apesar desse grande potencial madeireiro, o Brasil é um país com pouca tradição construtiva com a madeira. Diferentemente de fazer uso racional da floresta, a tradição cultural brasileira optou por explorar os recursos florestais de maneira predatória. A floresta da Tijuca, junto à cidade do Rio de Janeiro, foi a primeira testemunha dessa ação inconsequente. Ainda no reinado de D. Pedro II, foi providenciado a reflorestamento¹² completo da floresta.

Muitas bibliografias se confundem sobre essa questão da tradição madeireira de nosso país. Uma abordagem, realizada por Zani (2003), trata dessa questão, relatando o processo de ocupação territorial na expansão das novas fronteiras agrícolas do norte do Paraná no início do século XX. Pretendendo estimular a ocupação territorial e assentar os migrantes e imigrantes, foram incentivadas a exploração dos campos paranaenses e o potencial madeireiro das florestas nativas, evidenciando as espécies de araucária e peroba rosa, até o limite de sua capacidade.

Esses imigrantes, principalmente os italianos, alemães e japoneses, além de terem um trabalho de reconhecido valor para o desenvolvimento do país àquela época, trouxeram a cultura do uso da madeira e a aplicaram em larga escala de maneira inédita desde o início da ocupação territorial brasileira, conforme apresentado por Zani (2003). Foi, certamente, a maior

¹² O termo reflorestamento se refere a “florestar” novamente, ou replantar em local onde antes havia floresta virgem ou nativa. A floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro, onde já existia uma floresta (Mata Atlântica) que esteve quase extinta e que foi, portanto, toda recuperada, é o melhor exemplo para o termo.

oportunidade de promoção cultural de uma tradição construtiva madeireira trazida por vários povos de uma só vez para o Brasil. Porém, dessa abertura de novas fronteiras agrícolas nasceu um dos principais problemas de falta de planejamento na ocupação territorial e despreparo para a proteção do patrimônio florestal. As florestas nativas não foram manejadas e não houve nenhuma política pública para contornar essa deterioração. No início dos anos 70, as terras da maior parte do estado do Paraná já estavam ocupadas por lavouras, principalmente, café e soja. As espécies de araucária e peroba rosa estavam praticamente extintas, restando alguns poucos talhões, hoje preservados por lei. Pode-se afirmar que a cultura construtiva em madeira nessas regiões continua a existir, dado que ainda se constroem algumas poucas casas com esse material, porém as reservas florestais já não são abundantes e as técnicas construtivas já não têm o apuro do auge da ocupação dessas novas fronteiras.

Preocupado com a crescente demanda brasileira por produtos à base de madeira e com a ocupação das fronteiras agrícolas, agora rumo às regiões Centro-Oeste e Norte, principalmente nos estados de Mato Grosso e Rondônia, o Governo Federal tratou de criar a lei de incentivos fiscais florestais¹³. Essa lei promovia o reflorestamento, nos termos empregados pela nova lei. As principais madeiras plantadas, a partir de então, foram as do gênero *Eucaliptus* e *Pinus*. Essa nova política de plantios florestais teve papel relevante para o setor madeireiro, pois reabasteceu as indústrias com uma nova matriz de recursos naturais, diminuindo as pressões exploratórias sobre as madeiras provenientes da Floresta Amazônica, da Mata Atlântica, dentre outras. A denominação “reflorestamento” dada nesse momento, talvez tenha levado em consideração o replantio de espécies exóticas em áreas remanescentes de florestas nativas. Contudo, esse termo continuou, mesmo para outras regiões do país outrora sem florestas, como foi o caso dos campos de cerrados e muitas outras áreas. É importante ressaltar que o mercado interno consumidor de madeira não substituiu o uso de matéria-prima – da madeira proveniente de florestas plantadas pela madeira das florestas nativas. Mesmo porque, a demanda por madeira proveniente das florestas nativas ainda permanece e, pode-se dizer, mesmo, que ainda é forte. Porém, em dois aspectos foi vantajosa a introdução dessa nova política. Primeiro, diminuiu a pressão consumista irresponsável sobre o uso de madeiras nativas para funções menos nobres, e segundo, a floresta passa a ser referência de uma nova forma de fonte de recurso: o ‘recurso renovável que se planta e se coleta em ciclos de vida relativamente curtos’, sem com isso estar recorrendo a impactos ambientais irreversíveis.

¹³ Lei Federal 5.106/66, dentre outras destaca os incentivos fiscais ao reflorestamento com espécies exóticas.

Guardadas as questões mais polêmicas que esse assunto pode suscitar, o fato é que, entendendo que se pode 'plantar' madeira, entende-se que se pode plantar "material de construção" e assim reserva-se o uso da madeira nativa para fins onde ela realmente seja imprescindível. A preservação e o manejo da floresta nativa e o aumento de florestas plantadas passam a ser assuntos de segurança estratégica e mercadológica. Concebendo que preservar uma floresta, não necessariamente significa deixar de usá-la, mas aproveitar racionalmente uma fonte de recursos renováveis (GAVA, 2005). Dessa maneira, a floresta passa a ser reconhecida como provedora de matéria-prima de alto valor e seu manejo é uma questão estratégica e de sobrevivência – preservação de importantes biomas.¹⁴

Certamente, muito há de ser feito para que esses valores sejam adquiridos como uma atitude consensual de uma sociedade complexa e diversa como a brasileira. As pressões contra o uso da madeira, hoje em dia, são muito menores que nos anos 80 e 90. Graças às compreensões sobre sua origem, no que diz respeito aos impactos ambientais frente aos outros materiais como o aço e o cimento, por exemplo, e a importância que seu emprego na construção civil tem para o bem-estar das florestas e da sociedade. Aspectos relacionados à sustentabilidade, em uma visão holística, e o uso de recursos naturais para a produção de materiais de construção ainda precisam ser fortemente discutidos. Como dito no início, muito há de ser feito e é importante que a sociedade aproveite essa oportunidade, se possível, com uma visão sistêmica sobre esta questão.

A madeira proveniente de floresta não nativa, ou seja, aquela que passou pelo processo artificial de plantio tem várias denominações na literatura. São encontrados termos como 'reflorestamento', 'florestamento', 'nova floresta', 'plantio florestal', 'floresta plantada', dentre outros menos comuns. O termo reflorestamento já não é mais empregado por compreender que a floresta nativa não pode ser 'replantada' onde originalmente não existia floresta, portanto, não pode ser plantada outra vez. Neste mesmo sentido não se encaixam os termos florestamento e nova floresta, além de se tornarem vagos em seu sentido esclarecedor e inovador. Restam os termos 'plantio florestal' e 'floresta plantada'. Entendendo a floresta como uma 'cultura vegetal' é apresentada a colocação de Yuba (2005) sobre plantio florestal, explicando ser este o termo ideal, pois se trata do plantio de uma nova cultura vegetal, ou seja, o plantio de uma nova floresta, independente da pré-existência de uma floresta nativa neste local, ou não. É uma expressão atual e bastante empregada nos artigos que tratam do assunto.

¹⁴ Não querendo ser negligente com a realidade da exploração irresponsável de nossas florestas nativas, apresenta-se um perfil atual do setor com menos "problemas" do que aqueles evidenciados ao longo dos anos 70, 80 e 90

Não exatamente contrapondo a essa designação, mas com uma colocação mais ampla, entidades de classe, como o colocado por ABRAF (2010), fazem o seguinte esclarecimento para tal tipo de floresta e dá outros significados a termos correlatos:

“A área de plantio anual se refere ao plantio realizado ao longo de cada ano, incluindo áreas com novos plantios (expansão de novas áreas) e áreas de reformas (plantio com mudas ou clones em seguida à colheita florestal), ambas acrescidas às áreas existentes no ano anterior. No caso de área de plantio anual total, [...] soma-se as áreas acima indicadas com rebrotas no respectivo ano.”

“A área total com florestas plantadas, em um determinado ano, é obtida ao serem subtraídas das áreas com florestas plantadas do ano anterior as áreas colhidas e aquelas convertidas em outros usos, e somadas as áreas de reforma, de rebrota (condução da brotação da base da árvore após a colheita florestal, realizada por algumas empresas do setor), e de novos plantios (expansão de novas áreas)”.

Desse modo colocado, a adoção do termo ‘plantio florestal’ se confundiria com ‘florestas plantadas’; reservando o termo plantio florestal para o incremento de novas áreas de florestas ao longo de cada ano, e o termo florestas plantadas para a totalidade dessas novas áreas florestais incluindo os plantios anuais e descontadas as áreas colhidas e/ou transformadas em outros usos. Não se descartam, muito menos se invalidam, os demais termos, apenas se faz uma opção pela designação “floresta plantada” para tratar das áreas florestais não nativas.

As florestas plantadas se destacam no cenário da economia brasileira pela geração de bens e serviços para a sociedade, além de oferecer importantes contribuições nos aspectos sociais, econômicos e ambientais. Elas têm assumido relevância crescente por servirem como fonte de matéria-prima renovável florestal, na forma de madeira de tora ao mesmo tempo em que colaboram para reduzir a pressão sobre as florestas nativas.

São incontestáveis os benefícios econômicos das florestas plantadas; eles vão desde o fornecimento da matéria-prima para as indústrias do setor até a sua participação e influência no mercado de produtos florestais, da geração de divisas e da arrecadação de impostos. Socialmente, as atividades vinculadas ao setor florestal fomentam a criação de emprego e renda e contribuem para a diminuição do êxodo rural com a fixação do homem no campo. A floresta é fonte de recurso renovável inesgotável; ainda assim, participa no combate às mudanças climáticas, dada a sua grande capacidade de fixar o carbono contido na atmosfera. São utilizadas para a proteção de áreas degradadas seja na contenção das erosões e/ou das atividades antrópicas (pecuária e mineração). Os benefícios ambientais são extensos, podendo ser

relatadas ainda a fertilidade dos solos, a reciclagem dos nutrientes e a proteção das bacias hidrográficas e da biodiversidade.

Do ponto de vista econômico, entidades de classe caracterizam o setor florestal baseado na madeira em cinco setores: (i) celulose e papel, (ii) siderurgia a carvão vegetal, (iii) painéis de madeira industrializada (ou reconstituídas), (iv) madeiras processadas mecanicamente e (v) setor moveleiro. Esses cinco setores constituem a base do setor florestal de produtos madeireiros. Deles, aquele mais diretamente relacionado com a construção civil é o setor de madeira processada mecanicamente, embora o segmento dos painéis de madeira industrializada também apresente alguma participação. Dentro desse segmento temos as seguintes áreas: (i) os compensados de uso interno e externo, (ii) as madeiras serradas (madeira estrutural, embalagens, palets, tábuas, pranchões, dentre outros), (iii) os produtos de maior valor agregado – PMVA (pisos, portas, janelas, molduras, decks, bloks & blanks, outros) e (iv) as lâminas de madeira torneada e faqueada.

Tabela 2 - Área total de florestas plantadas por gêneros no Brasil em 2009

Fonte: Anuário estatístico ABRAF 2010

Gênero	Área (ha)	Participação (%) espécie do total
Eucalipto	4.515.730	66,58
<i>Pinus</i>	1.794.720	26,46
Acácia	174.150	2,57
Seringueira ¹	128.460	1,89
Paricá	85.320	1,26
Teca	65.240	0,96
Pinheiro do Paraná	12.110	0,18
Pópidos	4.030	0,06
Outros ²	2.740	0,04
Total	6.782.500	100,0

1. As áreas de florestas plantadas com seringueira no Brasil foram revisadas conforme dados da Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha;

2. Áreas com florestas tais como ipês-roxo, fava-arara, jatobá, mogno, acapu, entre outras.

A indústria da madeira processada mecanicamente emprega diversas espécies, provenientes de florestas nativas e plantadas. Dentre as mais utilizadas e provenientes de florestas plantadas, temos o eucalipto e o *Pinus*, que juntas, correspondem a 93% do total de florestas plantadas no Brasil. As demais espécies também merecem destaque pela sua importância econômica e crescimento da área plantada.

Segundo dados da ABRAF (2010), apresentados na **tabela 2**, em 2009 o Brasil tinha o total de 6.782.500 ha de florestas plantadas, sendo 4.515.730 ha de eucalipto (66,5% do total), 1.794.720 ha de *Pinus* (26,5% do total) e 472.050 ha de outras espécies (7% do total).

Tabela 3. Florestas plantadas de *Pinus* e *Eucaliptus* no Brasil (2006 a 2009) Fonte: ABRAF, AMS e IEA de São Paulo e STCP, 2010

UF	Eucaliptus (ha)				Pinus (ha)				Total (ha)			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
MG	1.181.429	1.218.212	1.218.212	1.300.000	146.000	143.395	145.000	140.000	1.327.429	1.361.607	1.423.210	1.440.000
SP	915.841	911.908	1.001.080	1.029.670	214.491	209.621	172.480	167.670	1.130.332	1.121.529	1.173.560	1.198.330
PR	121.908	123.070	142.430	157.920	686.453	701.578	714.890	695.790	808.361	824.648	857.320	853.710
BA	540.172	550.127	587.610	628.440	54.820	41.221	35.090	31.040	594.992	591.348	622.700	659.480
SC	70.341	74.008	77.440	100.140	530.992	548.037	551.220	550.850	601.333	622.045	628.660	650.990
RS	184.245	222.245	277.320	271.980	181.378	182.378	173.160	171.210	365.623	404.623	450.480	443.190
MS	119.319	207.687	265.250	290.890	28.500	20.697	18.800	16.870	147.819	228.384	284.050	307.760
ES	207.800	208.819	210.410	204.570	4.408	4.093	3.990	3.940	212.208	212.912	214.400	208.510
PA	115.806	126.286	136.290	139.720	149	101	10	0	115.955	126.387	136.300	139.720
MA	93.285	106.802	111.120	137.360	0	0	0	0	93.285	106.802	111.120	137.360
GO	49.637	51.279	56.880	57.940	14.409	13.828	15.200	15.200	64.046	65.107	72.080	73.140
AP	58.473	58.874	63.310	62.880	20.490	9.000	1.620	810	78.963	67.874	64.930	63.690
MT	46.146	57.151	58.580	61.530	7	7	10	10	46.153	57.158	58.590	61.540
TO	13.901	21.655	31.920	44.310	0	700	850	850	13.901	22.355	32.770	45.160
Outros	27.491	31.588	27.580	28.380	4.189	0	0	490	31.680	31.588	27.580	28.870
Total	3.745.794	3.969.711	4.325.430	4.515.730	1.886.286	1.874.656	1.832.320	1.794.720	5.632.080	5.844.367	6.157.750	6.310.450

O gênero *Pinus* foi largamente plantado desde a época dos incentivos fiscais florestais dos anos 60, juntamente com o *Eucaliptus*. Dados da ABRAF, AMS, IEASP e STCP do ano de 2009, conforme **tabela 3**, indicam os principais estados brasileiros produtores de madeira de florestas plantadas; destaque para Minas Gerais como o principal produtor de *Eucaliptus spp*, com uma área plantada de 1,4 milhões de ha, seguido de São Paulo com 1,2 milhões ha. O estado do Paraná se destaca como o principal produtor de *Pinus spp* com uma área plantada de 696 mil ha, seguido de Santa Catarina com 551 mil ha.

Observa-se que alguns estados, tradicionalmente com grandes áreas de florestas nativas, começam a contar com florestas plantadas, como é o caso do Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso. O eucalipto parece ter melhor adequabilidade nesses estados. Ainda segundo a **tabela 3**, o crescimento da área plantada de 2007 em relação a 2006, de 2008 frente a 2007 e de 2009 frente a 2008, é respectivamente, 5,98%, 8,94% e 4,42%, ou um crescimento de 20,56% de 2009 em relação a 2006. A diminuição das áreas de floresta plantada de *Pinus spp*, potencializada pela crise econômica de 2008 atingiu fortemente o setor madeireiro, diminuindo as exportações de produtos derivados para países da América do Norte, Europa e Ásia, inibindo seu crescimento no mercado brasileiro. Dados recentes da ABRAF (2010) indicam que os plantios florestais foram retomados indicando um reaquecimento do setor em níveis comparáveis a setembro de 2008. O setor de madeiras processadas mecanicamente tem perspectivas favoráveis, principalmente devido ao aumento da demanda do mercado doméstico, que tem absorvido grande parte da produção.

Segundo dados do IBGE e da AMS para o ano de 2008 ¹⁵, a produção anual de madeira em tora de florestas plantadas para uso industrial no Brasil somou 164,7 milhões de m³, dos quais 101,3 milhões de m³ (61,5%) foram de madeira em tora industrial, e o restante, de lenha (25,5%) e carvão vegetal (13,0%). Para o ano de 2009, estima-se que a produção anual de madeira em tora para uso industrial diminuiu em relação a 2008, atingindo 160,8 milhões de m³. Na evolução histórica de 2000 a 2009, a produção de madeira em tora para uso industrial no Brasil foi de 150,9 milhões de m³, com crescimento médio anual de 2,1% nesse mesmo período. As quedas de produção registradas nos últimos dois anos devem-se, como já explicado, à crise econômica que retraiu a demanda externa (não pelas toras, mas pelos produtos derivados), muito embora o mercado interno esteja aquecido e com sinais de recuperação. (**tabela 4**)

Tabela 4 - Evolução da produção anual de madeira em tora de florestas plantadas para uso industrial no Brasil (2000 a 2009)¹, em milhões de m³ Fonte: IBGE (2010), adaptado por STCP

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 ²
134,2	120,9	142,4	154,4	143,0	159,8	159,0	167,8	164,6	162,5

1. Inclui carvão vegetal (equivalente em madeira em tora), lenha e madeira em tora para energia, celulose, serraria e laminação.

2. Estimativa STCP.

Toda a sua produção de madeira de tora proveniente de florestas plantadas é consumida pelo mercado interno, dado que não há exportação nem importação deste produto. Essa matéria-prima é destinada principalmente para os setores de energia, celulose, serraria e laminação. Em 2009, foram consumidos 163,9 milhões de m³ de toras de florestas plantadas. Desse total, 68,4% referem-se ao consumo de eucalipto e 31,6% de *Pinus*. O segmento de celulose e papel é o principal consumidor absorvendo cerca de 37,3% das toras produzidas; a lenha industrial, 25,7%; a indústria madeireira, 18,8%; o setor siderúrgico, por sua vez, consumiu 11,9% (carvão vegetal), e painéis reconstituídos 5,8%, conforme se pode observar na **tabela 5**.

Tabela 5 – Consumo de madeira em tora de florestas plantadas para uso industrial no Brasil por segmento e espécie (2008 e 2009) ¹ Fonte: Dados da STCP, ABIPA, AMS, BRACELPA (2010)

Segmento	Consumo madeira em toras (1.000 m ³)			Consumo madeira em toras (1.000 m ³)		
	2008			2009 ²		
	Eucalipto	Pinus	Total	Eucalipto	Pinus	Total
Celulose e papel	48.395	8.601	56.996	52.545	8.806	60.631
Painéis reconstituídos	3.278	6.078	9.356	2.872	6.520	9.392
Indústria madeireira ³	3.282	29.543	32.825	3.093	27.463	30.556
Carvão vegetal	21.385	0	21.385	19.388	0	19.388
Lenha industrial	33.537	9.691	43.228	32.363	9.347	41.710
Outros ⁴	876	19	895	895	7	902
Total (silvicultura)	110.754	53.931	164.685	111.156	51.423	162.580

1. Os valores foram estimados com base em fatores de conversão tora equivalente produto

2. Estimativa STCP (empresa de engenharia do setor florestal)

3. Incluindo madeira serrada, compensado e beneficiamento de produtos de maior valor agregado – PMVA (piso, porta, janela, molduras, ferramentas, EGP, etc)

4. Incluindo cavaco de madeira para exportação e madeira tratada

¹⁵ Dados adaptados de IBGE e AMS por STCP (empresa de engenharia do setor florestal) com sede em Curitiba.

Em relação ao consumo de madeira proveniente das florestas plantadas em 2009, a indústria madeireira, fornecedora de matéria-prima para a construção civil, apresenta o *Pinus* como o gênero que mais contribui para o setor com 27,46 milhões de m³ de tora (89,9%) contra a participação de 3,09 milhões de m³ de eucalipto (10,1%). A produção sustentada de *Pinus* se concentra no Sul, devido ao nível de desenvolvimento da indústria madeireira na região, com produção de madeira serrada para a construção civil, indústria de compensados e painéis reconstituídos. A região Sudeste concentra as indústrias de celulose e papel, siderurgia, carvão vegetal, e painéis industrializados, que são, por sua vez, grandes consumidores de eucalipto.

Uma comparação entre o setor de madeiras processadas mecanicamente e todo o setor de base florestal forneceram os seguintes indicadores socioeconômicos em 2007, conforme observado na **tabela 6**.

Embora se saiba que o setor de madeira processada mecanicamente pode ocupar um maior mercado, os números por si só já apontam como um setor de bastante influência sobre a economia brasileira, seja pelos indicadores sociais (geração de trabalho e renda, fixação do homem no campo e no interior do país, dentre outros), como também pelos indicadores ambientais (baixo consumo de energia elétrica, aproveitamento de recurso renovável, baixo impacto no meio ambiente, dentre outros).

Tabela 6 – Indicadores socioeconômicos das indústrias de base florestal e de madeira processada mecanicamente no ano de 2007. Fonte: STCP, ABRAF e ABIMCI

Indicador	Indústria de base florestal	Indústria de madeira processada mecanicamente
PIB	US\$ 44,6 bilhões 3,4% do PIB	US\$13,1 bilhões 1,0% do PIB
PEA¹ (empregos)	8,6 milhões 9,0% da PEA	2,0 milhões 2,1% da PEA
Capacidade de geração empregos (a cada R\$10 milhões investidos)	352 empregos diretos 374 empregos indiretos 565 empregos efeito renda 1291 empregos gerados a c/ R\$10 milhões	293 empregos diretos 219 empregos indiretos 294 empregos efeito renda 806 empregos gerados a c/ R\$10 milhões
Consumo de energia elétrica	12.303 GwH 3,5% da energia consumida no país	3.281 GwH 1,2% da energia consumida no país
Arrecadação tributária	US\$7,2 bilhões 1,5% da arrecadação total do país	US\$2,3 bilhões Menos de 1% da arrecadação total do país
Exportação²	US\$8,8 bilhões 5,5% do total da exportação	US\$3,66 bilhões 2,3% do total da exportação
Superavit³	US\$7,4 bilhões 18,5% do superávit de 2007	US\$3,65 bilhões 9,1% do superávit de 2007

1. População economicamente ativa (IBGE)

2. Inclui o setor moveleiro

3. Relação que indica valores positivos entre o total de exportações e importações da balança comercial brasileira.

A oscilação do setor de madeiras processadas mecanicamente está diretamente relacionado com o bom crescimento da indústria da construção civil. Os estímulos proporcionados pelo PAC

e mais diretamente pelo programa “Minha Casa, Minha Vida”¹⁶ fomentaram toda a cadeia produtiva da construção civil. Apesar desses indicadores favoráveis, o setor ainda depende de uma boa cotação do real frente ao dólar e do crescimento da construção civil dos Estados Unidos. A forte crise imobiliária que se abateu sobre o mercado americano e a valorização do real frente ao dólar afetaram esta indústria no Brasil. Os incentivos fiscais oferecidos pelos programas governamentais (isenção e/ou redução de impostos diretos – IPI¹⁷) e a crescente demanda interna, motivada pela alta da construção civil no Brasil, asseguraram ao setor de madeira processada mecanicamente menores prejuízos.

Os produtos de madeira, ainda que bastante discriminados, disputam com outros materiais um espaço na indústria da construção civil. As questões relacionadas com a sustentabilidade na sua cadeia de produção têm suscitado a esperança de uma maior participação dela como matéria-prima para a construção de moradias. A madeira é empregada na construção civil de diversas formas. As mais conhecidas são: andaimes, escoramentos, formas, construções temporárias, etc; as mais conhecidas com funções definitivas são: estruturas das edificações, portas, janelas, pisos, acabamentos, móveis, dentre outras. A estrutura da cobertura dessas casas é onde se consome a maior parte desse volume de madeira; utilizando, na maior parte das vezes peças simplesmente serradas como tábuas, ripas, caibros e terças, além das vigas e vigotas.

2.2. A situação do *Pinus* frente às questões do mercado da construção

Em 1948, o Serviço Florestal do Estado de São Paulo introduz algumas espécies americanas do gênero *Pinus*, os conhecidos “yellow pine”, ou *Pinus* amarelos. Foram eles, os *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e o *P. taeda*. Desses, os dois últimos foram os que melhores se adaptaram às condições de clima e solo brasileiros (SHIMIZU, 2006). Destacaram-se, ainda, pelos tratos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Após esse período, conforme explanado anteriormente, o gênero *Pinus* teve grande expansão de plantios após a lei de incentivos fiscais florestais dos anos 60 e, com a interrupção dos subsídios dessa mesma lei em 1986, uma estagnação da superfície plantada. A área plantada de *Pinus* se aproxima dos 2 milhões de hectares, seguindo tendência de maior crescimento para os próximos anos, com perspectiva de altas na demanda, passada a crise econômica de 2008 que assolou o setor financeiro internacional.

¹⁶ Programa Minha Casa, Minha Vida. Brasil, lançado pelo Governo Federal em março de 2009

¹⁷ Impostos sobre produtos industrializados

A ABIMCI (2008), em seu estudo setorial, relata a situação em que se encontrava o setor, posicionando que, apesar de todas as previsões de ausência da matéria-prima e problemas relacionados ao aumento da demanda, as grandes indústrias haviam realizado uma adequação às possíveis interferências em sua produção e produtividade: modernização do parque tecnológico com aumento dos investimentos e, conseqüentemente, aumento da competitividade. Porém, como citado por Gava (2004), em situações desfavoráveis, os pequenos produtores - caso da maioria das serrarias espalhadas pelo país - sofrem grandes perdas, não podendo se adequar à crise como as grandes serrarias, perdendo em competitividade e os investimentos realizados e, assim, confirmando a tendência à mortalidade, termo utilizado pela autora para o fechamento do negócio, ou sua falência.

As madeiras de *Pinus spp* têm como uma de suas principais características a baixa densidade. Durante certo tempo essa baixa densidade era vista como sinônimo de baixa qualidade. Certamente, esse ponto de vista está associado às comparações que as madeiras de *Pinus spp* sofrem quando cotejadas com as madeiras nativas comprovadamente de alta densidade e de grande resistência mecânica. (CALIL JR. et al., 2003). Muitas vezes, essa escolha é levada pela comoção popular, pelo calor das emoções, dando preferência às madeiras que apresentam 'maior peso' ou que sejam 'mais duras'. Fazendo-se um projeto de arquitetura e de estrutura com critérios bem claros e de acordo com especificações estabelecidos em norma, a baixa densidade do gênero *Pinus* pode ser considerada uma grande vantagem frente às madeiras mais densas, independentemente do porte da edificação. Segundo Stamato (2006), "a grande a variabilidade do *Pinus* frente às outras madeiras folhosas não deve ser entendida como inviabilização de seu uso como material estrutural, e sim, que ela deve ser estudada e entendida para garantir sua boa aplicação". Se considerarmos a disponibilidade dessa madeira nas regiões Sul e Sudeste, seria imprudência descartar seu uso, alegando ignorância de suas características. Entendidas as peculiaridades necessárias para seu bom uso, é importante ressaltar também suas qualidades para a industrialização das estruturas de madeira.

A respeito das características físico-mecânicas, a NBR 7190/97 apresenta os dados de seis espécies de *Pinus*. Pode-se observar, pela **tabela 7**, que a madeira de *Pinus spp*, seca a 12% de umidade, tem densidade aparente, que varia de 537 à 645 kg/m³. Porém, deve-se levar em consideração a variabilidade das propriedades mecânicas do *Pinus* cultivado no Brasil. Segundo Muñiz e Palma (1998), a densidade de uma mesma árvore pode variar em até 18% ao longo de sua altura e até em 22% ao longo do diâmetro; e, ainda, que existe uma alta correlação entre a densidade e as propriedades mecânicas.

À parte essas variações, a baixa densidade faz do *Pinus* uma madeira leve, facilitando muito os trabalhos relacionados ao manuseio e transporte, sendo citada como vantagem para a pré-fabricação nos processos de produção e montagem.

Tabela 7 – Valores médios de madeiras coníferas nativas e de floresta plantada¹⁸.
NBR 7190/97 anexo E

Fonte: adaptado da

Nome comum (coníferas)	Nome científico	ρ_a ¹ (12%) kg/m ³	f_{co} ² MPa	f_{t0} ³ MPa	f_{t90} ⁴ MPa	f_v ⁵ MPa	E_{co} ⁶ MPa
<i>Pinus caribea</i>	<i>Pinus caribea</i> var. <i>caribea</i>	579	35,4	64,8	3,2	7,8	8.431
<i>Pinus bahamensis</i>	<i>Pinus caribea</i> var. <i>bahamensis</i>	537	32,6	52,7	2,4	6,8	7110
<i>Pinus hondurensis</i>	<i>Pinus caribea</i> var. <i>hondurensis</i>	535	42,3	50,3	2,6	7,8	9.868
<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	560	40,4	66,0	2,5	7,4	11.889
<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinus oocarpa</i> shiede	538	43,6	60,9	2,5	8,0	10.904
<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus taeda</i> L..	645	44,4	82,8	2,8	7,7	13.304

1. ρ_a (12%) é a massa específica aparente a 12 % de umidade

2. f_{co} é a resistência à compressão paralela às fibras

3. f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras

4. f_{t90} é a resistência à tração perpendicular às fibras

5. f_v é a resistência ao cisalhamento

6. E_{co} é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras

Pesquisas realizadas em laboratórios e centros de pesquisa vinculados às universidades e centros de pesquisa do Brasil atingiram um estágio de desenvolvimento de técnicas construtivas em madeira que permitem sua aplicação em projetos estruturais com soluções modernas e ousadas (CALIL JR. et al., 2003; STAMATO, 2006). Entretanto, há certo descompasso entre uma tendência de demanda do setor da construção, a qualidade dos produtos fornecidos pelo mercado, a qualidade dos prestadores de serviços, o nível de desenvolvimento das pesquisas e a qualidade da formação técnica superior (arquitetos e engenheiros). Essa falta de harmonia, ou falha de formação, entre os diversos 'atores do processo' interfere na cadeia produtiva da madeira causando um desequilíbrio entre oferta e procura, principalmente na qualidade dos produtos – independentemente do estágio em que este se encontra - começo, meio ou fim.

O setor da construção civil em madeira, além da desarticulação entre seus vários fornecedores, encontra-se concentrado em áreas como: as construções provisórias, as coberturas e os produtos com maior valor agregado (portas, janelas, pisos, forros, molduras, etc). Não é representativa a área das construções em madeira. Dadas as características da população e do país, são poucas as empresas que se firmaram como especialistas na área da construção em madeira. Poucos fornecedores são suficientes para atender à demanda nacional.

Nos projetos das construções residenciais tradicionais de qualquer porte é bastante comum a aprovação de um projeto de arquitetura com cálculo estrutural dimensionado por um engenheiro civil. O que se observa nos projetos de construções em madeira é que o engenheiro calculista,

¹⁸ O autor adota o termo "floresta plantada" no lugar de "florestamento", como empregado na NBR 7190/97, mantendo o mesmo significado dado pela Associação Brasileira de Norma Técnica - ABNT

muitas vezes, é posto de lado em detrimento da ‘experiência’ do carpinteiro. Ao final das contas, a obra fica sem cálculo estrutural, mesmo porque são poucos os calculistas de madeira, e sem um responsável técnico da estrutura de madeira. Consequentemente, a qualidade da construção, na maior parte dos casos, deixa a desejar, ficando mais um ‘mau exemplo’ de construção em madeira. Esse cenário é muito comum nas cidades brasileiras, e o principal problema derivado dessa atitude é o agravamento do grau de desconfiança, ou rejeição que a população tem a cerca da aplicação da madeira na construção.

Some-se a essa rejeição a incompreensão do papel da madeira frente às questões ambientais. A opinião pública tende a seguir a grande mídia, e essa, em suas reportagens, tende a vincular o uso da madeira na construção apenas ao desmatamento das florestas.

Bortoletto Junior (1993) estudou seis espécies de *Pinus* encontradas no Brasil (*P. caribaea* var. *caribaea*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. elliottii*, *P. oocarpa* e *P. taeda*) e, de acordo com suas características físico-mecânicas, propôs indicações para diversos usos finais, conforme a **quadro 1**, abaixo.

Quadro 1 - Viabilidade do uso da madeira na construção civil.

Fonte: adaptado de Bortoletto Junior (1993)

Grupos	Aplicações	Espécies					
		1	2	3	4	5	6
Construção civil leve externa	Mourões		X	X		X	X
	Pontaletes		X	X		X	X
	Porteiras		X	X		X	X
	Andaimes		X	X		X	X
	Longarinas		X	X		X	X
	Calhas		X	X		X	X
	Elementos de cobertura		X	X		X	X
	Esquadrias		X	X		X	X
	Tabuados		X	X		X	X
Construção civil leve interna	Decorativa: lambris, molduras, perfilados e guarnições	X	X	X	X	X	X
	Utilidade geral: cordões, forros, guarnições, rodapés	X	X	X	X	X	X
	Estrutural: terças, vigas, caibros e ripas		X	X		X	X
Compensados	Utilidade geral: móveis, forros, divisórias, usos gerais	X	X	X	X	X	X
	Cobertura, formas, anteparos, divisórias, usos gerais	X	X	X	X	X	X
Lâminas	Decorativa: laminação	X	X	X	X	X	X
	Utilidade geral: miolo de chapas compensadas, portas	X	X	X	X	X	X
Aglomerados	Utilidade geral: divisória, painéis fechamento de móveis	X	X	X	X	X	X

Observação: 1. *P. caribaea* var. *caribaea*, 2. *P. caribaea* var. *bahamensis*, 3. *P. caribaea* var. *hondurensis*, 4. *P. elliottii*, 5. *P. oocarpa*, 6. *P. taeda*

Observa-se que as espécies *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. oocarpa* e *P. taeda*, segundo o autor, podem se adequar a todos os usos sugeridos, enquanto as espécies *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. elliottii* têm empregos bastante limitados, não se enquadrando no uso externo e estrutural da construção civil leve.

Segundo Stamato (2006), uma alternativa viável para a valorização do emprego da madeira na construção civil é sua evolução para segmentos como o uso de madeiras de florestas plantadas

e a industrialização das estruturas. Dessa forma, estaria protegendo as florestas nativas, promovendo menor impacto ambiental, pois o controle sobre o manejo em florestas plantadas é muito grande, aproveitando uma estrutura industrial existente e pronta para dar o salto necessário para aumentar a produção. Sendo essa a alternativa a ser adotada, muito deverá ser realizado até se chegar ao nível ideal.

O segundo segmento, citado acima, pode vir a ser a redenção do setor madeireiro voltado para a construção civil no Brasil. Seria como pensar a indústria da construção civil brasileira adotando técnicas construtivas de pré-fabricação com madeira em todas as suas etapas (estrutura portante, sistema de cobertura e sistema de vedação de piso e parede).

As empresas brasileiras que processam as madeiras de *Pinus* em larga escala e, mesmo, muitas serrarias de menor porte em regiões com tradição madeireira, têm boa parte de sua produção voltada para a exportação. Dessa forma, parte delas atende aos conceitos de qualidades (ISO) e tem, portanto, um parque mais modernizado, ou, pelo menos, mais apropriado a se adequar.

Muitos países que promoveram a aplicação de madeira na construção civil adotaram esse caminho: uso de madeiras de florestas plantadas como fonte de recursos naturais e renováveis e a industrialização como meio para aumentar a produção em escala e atender ao déficit habitacional. Ainda que não necessariamente se criem grandes conglomerados, mas empresas organizadas, amparadas em leis nacionais que as protegem e estimulam, para um mercado estruturado (INO, 1992; ARRUDA, 2000; CALIL JUNIOR et al., 2003; WINTER, 2004; GAVA, 2005; STAMATO et al., 2006).

A industrialização não prescinde e não pressupõe a criação de monopólios. No caso da madeira - e é o que se verifica nos países com tradição construtiva - há grande chance da formação de um setor forte com empresas de pequeno e médio porte.

O emprego de madeiras nativas em estruturas residenciais e, principalmente, nas coberturas vem carregado de vícios construtivos, tais como o não tratamento contra o ataque de cupins e fungos, pois, em muitos casos, as espécies são naturalmente resistentes. Malgrado suas características positivas, o seu mau emprego (excesso de umidade, grande exposição, concepção estrutural arquitetônica equivocada, dentre outros) faz que, em várias ocasiões, a madeira apodreça e/ou seja atacada por cupins.

As madeiras de florestas plantadas do gênero *Pinus spp* apresentam características particulares que diferem (ou que se apresentam em maior quantidade) das madeiras de florestas nativas. Dentre estas podemos citar: a densidade, a trabalhabilidade, a facilidade de manusear, a

resistência, a rigidez e a presença de defeitos naturais¹⁹. Com relação à última colocação, cabe ressaltar que a Norma Brasileira de estruturas de madeiras, a NBR 7190/97, recomenda um coeficiente de modificação, o $K_{mod,3}$, que aplica uma margem de segurança²⁰ de 20% quando empregadas as madeiras de coníferas.

Conforme a ABIPA, AMS e BRACELPA, em 2010 o setor de madeiras processadas mecanicamente tinha a seguinte participação do seu consumo em toras: celulose e papel com 37,3%, lenha industrial com 25,7%, indústria madeireira com 18,8%, carvão com 11,9%, painéis reconstituídos com 5,8% e outros consumos com 0,5%. Todo o setor de base florestal totaliza 162,6 milhões de m³ de toras. Desta forma, e complementando com as informações da **tabela 5**, (item 2.1) a indústria madeireira consome 30,6 milhões de m³ de toras, sendo 27,5 milhões de m³ de toras de *Pinus*, o restante, 3,1 milhões de m³, de toras de *Eucaliptus*.

O parque industrial de processamento mecânico que emprega as madeiras de *Pinus* está em melhores condições que as indústrias para o processamento das folhosas, devido à grande demanda externa por madeira serrada de coníferas. Tal presença se observa mais fortemente na região Sul do país onde o setor de madeiras processadas mecanicamente, que emprega madeira proveniente de florestas plantadas, é maior que nas demais regiões do Brasil. O parque industrial brasileiro voltado para o processamento de espécies de *Pinus* aplica muita tecnologia visando otimização de processos e suas aplicações, ao contrário da indústria de processamento das folhosas, que ainda tem dificuldades e seu processamento, por ser mais oneroso, está menos atualizado. (STAMATTO, 2006) Muito embora esse parque esteja voltado para a produção de chapas, móveis e outros subprodutos de madeira serrada, não exatamente direcionados para a produção de componentes para a indústria da construção civil.

O volume de madeira de *Pinus spp* do setor de processamento mecânico é direcionado para a produção de compensados (1,9 milhões de m³ de painéis), de madeiras serradas (aproximadamente 9,5 milhões de m³) e PMVA (19,0 milhões de m³ de portas, janelas, molduras, pisos, etc). Conforme indicado por Kronka et al. (2005), eram produzidos por volta de 400 milhões de m³ de madeira serrada no mundo, sendo necessários 800 milhões de m³ de toras por ano.

¹⁹ Os principais defeitos naturais apresentados pelas madeiras de *Pinus spp* são, nós (firmes, soltos, embutidos, feixes, gravata e vazado), esmoados, rachaduras de topo, empenos (curvamento, arqueamento, torcimento e encanoamento), ardidos e manchas (azuis e marrons), bolsa de resina e presença de medula.

²⁰ Segundo essa norma, "A condição de madeira de primeira categoria somente pode ser admitida se todas as peças estruturais forem classificadas como isentas de defeitos, por meio de método visual normalizado, e também submetidas à uma classificação mecânica que garanta a homogeneidade da rigidez das peças que compõem o lote de madeira a ser empregado. Não se admite classificar as madeiras como de primeira categoria apenas por meio de método visual de classificação".

Os países que mais consomem madeira serrada por habitante são Canadá, Estados Unidos e Suécia, com os índices de 0,58, 0,57 e 0,55 m³/hab, respectivamente, em valores de 2005. Nessa mesma época, o Brasil apresentava o índice de 0,12 m³ de madeira serrada por habitante, indicando um longo caminho a ser percorrido e que dependerá das estratégias que queremos para o setor florestal e seus múltiplos usos. O índice brasileiro de consumo de madeira por habitante pode e deve melhorar muito.

A trabalhabilidade é outra característica relevante do *Pinus*, pois permite o emprego de equipamentos, máquinas e ferramentas com extrema adequação e facilidade. Permite, ainda, a adoção de meios de ligação de diversos tipos, tais como: pinos de aço (pregos lisos, anelados e espiralados), chapas de dentes estampados (CDE), diversos tipos de parafusos, dentre outros, melhorando o desempenho e o acabamento construtivo.

O tratamento preservativo torna-se uma questão especial quando se trabalha com o *Pinus spp.* Em situações aplicadas às construções, a NBR 7190/97 recomenda como preservação mínima das coníferas a impregnação em autoclave. Devido à sua permeabilidade, o *Pinus spp* tem 100% de sua seção transversal impregnada, garantindo uma eficiência no tratamento preservativo e aumentando sua durabilidade.

Em processos que necessitam colagens, as madeiras de *Pinus spp* têm alta aderência, por exemplo, na produção de madeira laminada colada. Nesse caso, é necessário aplicar certa pressão para maior adesão entre as partes coladas. Assim, dizemos que o *Pinus spp* tem alta permeabilidade, que é uma qualidade para produtos que necessitam passar por processos que exigem a colagem.

O *Pinus spp* seca rápido. A secagem pode ser tanto natural, como artificial. A natural pode levar de 30 a 90 dias, dependendo bastante das condições climáticas e da seção das peças de madeira (KRONKA et al., 2005). A artificial, mais rápida, pode levar menos de uma semana. Por ser um processo rápido (podendo danificar a madeira) tem a necessidade de maior controle da temperatura, pressão, condições de umidade e aspecto visual da madeira. Essa qualidade do *Pinus spp* é chamada de porosidade. O *Pinus* tem alta porosidade.

As seções e os comprimentos das madeiras de *Pinus spp* produzidas pelo setor de madeiras processadas mecanicamente têm alta capacidade de adaptação às demandas de todos os setores da construção civil, ou seja, pode-se produzir desde o menor dos componentes da construção, como rodapé e molduras, etc, como estruturas de grande porte para pontes rodoviárias, vigas para coberturas de ginásios esportivos, etc. A essa qualidade dá-se o nome de

adaptabilidade. As madeiras serradas de *Pinus spp* se adaptam a uma grande diversidade de situações da indústria da construção civil indicando, inclusive, uma característica importante para sua industrialização.

Dado esse cenário, o *Pinus* se coloca como um gênero de madeira com potencial para alcançar patamares ainda pouco explorados pelo mercado brasileiro da construção civil e também em outros setores. A construção civil precisa e deve deixar de negligenciar o emprego da madeira e demonstrar uma visão mais holística para o potencial que ela representa para o setor. A melhoria das condições de trabalho e uso dos materiais disponíveis passa por uma requalificação das operações de processamento e produção de todos os materiais aplicados no setor da construção e por uma avaliação de seus impactos ao longo da cadeia de produção. O *Pinus*, dadas suas características de rápido crescimento e da matéria-prima em si, representa um gênero de madeira que pode melhorar o nível dos materiais de construção ofertados pelo mercado, deixando de ser apenas madeira de forma para o concreto armado ou para as construções provisórias, e se firmar como produto para todas as frentes de trabalho, desde as estruturas, revestimentos de pisos, paredes, até como material de acabamento de todos os tipos de edificações.

2.3. Cadeia de produção da madeira

O conhecimento de todas as etapas do processo de produção da madeira necessita de um enfoque sobre um setor específico que analisa a transformação do material. Neste trabalho a cadeia de produção da madeira será focada no setor da construção civil. O campo de análise se dará desde a floresta até seu uso final no canteiro de obras.

A cadeia de produção da madeira será apresentada em 5 etapas, conforme se pode verificar no **quadro 2**, da floresta ao canteiro de obras. Apesar deste trabalho de pesquisa se concentrar no emprego de espécies de madeiras procedentes de florestas plantadas - principalmente o *Pinus spp* e *Eucaliptus spp* -, abriu-se o campo quanto à sua origem na 1ª etapa, abrangendo também as florestas nativas – considerando-se que estas ainda têm relevância no contexto do mercado de construção civil brasileiro. Não será abordado neste momento, mas o manejo da floresta é bastante criterioso, independentemente de ser nativa ou plantada. As florestas plantadas passam por diversas etapas - plantio inicial, tratamento e preparo do solo, desrama, desbaste, cortes anualizados, seleção para corte e corte final. (YUBA, 2005)

Quadro 2 – Cadeia de produção da madeira com foco na construção civil.

Fonte: do autor

Na passagem de uma etapa para outra, está indicado o transporte (**quadro 2**), sugerindo que haverá obrigatoriamente a transposição (deslocamento) de um setor para outro por meio de transporte do produto desta etapa para a seguinte. Como exemplo desse encadeamento, é citado o caso da madeira indo das florestas para as serrarias, comércio e canteiro de obras: ao sair da floresta as toras são transportadas em caminhões para as serrarias e desdobradas na serra fita; depois são transportadas para o local das serras circulares e transformadas em peças comercializáveis; a partir da serragem, elas são transportadas para os comércios especializados - madeireiras; uma vez negociadas (aquisição), as madeiras são levadas para o canteiro de obras, onde encerram o ciclo de transporte (não está sendo considerado o pós-uso da madeira – demolição). Nota-se a importância do transporte em cada etapa da cadeia e como seus custos são agregados ao produto final no canteiro de obras.

Na 2ª etapa - primeiro processamento - entram setores que têm pouca ou nenhuma relação direta com a construção civil (siderurgia - energia, indústria da celulose e indústria de embalagens), mas cuja citação é importante por representarem a grandeza, ou a influência da cadeia de produção da madeira. Na linha direta de influência da 2ª etapa sobre a construção civil, encontram-se as serrarias, que fazem o desdobro das toras de madeira (chamado de primeiro processamento), passando-as na serra fita, transformando toras em pranchas e pranchões. Nos demais setores da 2ª etapa, estão todas as demais indústrias que recebem as madeiras em forma bruta (toras) diretamente das florestas nativas e plantadas.

Na 3ª etapa da cadeia, estão empresas que processam as pranchas e pranchões das serrarias. Muitas carpintarias (da 3ª etapa) se encontram no mesmo espaço da serraria (2ª etapa) contemplando o primeiro e o segundo processamento das madeiras, ou seja, as toras são desdobradas e serradas em peças para a construção civil, por exemplo, as ripas, caibros, vigotas, vigas, tábuas, e demais peças serradas encontradas no mercado. As marcenarias da 3ª etapa, muitas vezes, beneficiam e transformam as pranchas e pranchões em peças mais elaboradas como forro e piso.

A 4ª etapa se caracteriza principalmente pela comercialização direta com o canteiro de obras. Essa comercialização pode acontecer tanto pelas lojas de materiais de construção (madeireiras), como pela negociação direta de serviços e produtos das carpintarias e marcenarias. As empresas, ou as áreas, caracterizadas pela 4ª etapa da cadeia transformam as peças acabadas em estruturas prontas (painéis, tesouras, componentes, todos pré-fabricados), esquadrias (portas e janelas), em escadas, guarda-corpos, parapeitos e muitos outros elementos em madeira na obra. As transformações da madeira na 4ª etapa ainda podem ser realizadas pela construtora, neste caso, englobando as atividades de marcenaria e carpintaria, anteriormente citadas, e distribuídas para todas as fases do canteiro de obras. Da mesma forma, o comércio especializado em madeira faz a distribuição de seus produtos para todas as fases da 5ª etapa da cadeia de produção da madeira.

Essa 5ª etapa corresponde às fases do canteiro de obras, desde a fundação, cobertura e acabamentos da construção. Nos acabamentos, são englobadas várias atividades que empregam muita madeira, como: escadas, decks, guarda-corpos, corrimãos, parapeitos, pisos, forros, móveis prontos, móveis planejados (cozinhas e armários), guarnições de portas e janelas, entre outros. Geralmente, esses produtos vêm com grande valor agregado e têm, portanto, muito impacto no custo da construção.

As fases de maior interesse da pesquisa estão diretamente relacionadas àquelas que aparecem na 5ª etapa, mais precisamente as relacionadas com a parte estrutural da construção da cobertura nas etapas de execução e montagem dos componentes.

2.4. Sistemas construtivos em madeira

A conceituação de sistemas construtivos na literatura nos remete a algumas interpretações, a princípio diferenciadas, mas que, ao cabo, são entendidas como técnicas aplicadas aos materiais para a sua aplicação em obra e que corresponde a uma intenção expressada e

representada no projeto arquitetônico, definindo métodos construtivos diferenciados e diferentes edificações. Sabbatini (1989, apud BITTENCOURT, 1995) reforça tal conceituação como um “específico processo construtivo caracterizado por seu particular conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício”. E continua, considerando sistema construtivo como “processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”. Observa-se, nessa definição, que ela correlaciona níveis de industrialização com processo construtivo, sugerindo a ideia de fluxo contínuo para o sistema construtivo e sua classificação pelo grau de processamento industrial de seus componentes.

Por sistema construtivo em madeira, entenda-se como a edificação que emprega prioritariamente a madeira como componente estrutural – sistema portante - e, em alguns casos, também como vedação (paredes não estruturais), e que se caracteriza por uso difundido em determinados países. Na apresentação dos sistemas construtivos, foi realizado o levantamento do tipo de sistema e em qual país ele é empregado. Na sequência desse levantamento, foi dada a classificação quanto ao grau de industrialização (item 2.6) de cada um dos sistemas construtivos relacionados.

O levantamento de sistemas construtivos em madeira foi realizado no Brasil e em países com tradição consolidada na construção em madeira. Tradicionalmente, os países europeus, os da América do Norte e da Ásia – com enfoque no Japão – são os que empregam a madeira como matéria-prima de suas edificações, prioritariamente nas moradias. A JUNAC²¹ (Junta del Acuerdo de Cartagena), embora representando países que não têm a tradição mencionada acima de construção em madeira, apresenta o “Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino” de 1984, fazendo uma coletânea sobre sistemas construtivos em madeira, de forma sistêmica, incluindo o detalhamento do sistema construtivo entramado.

Götz (1995) demonstra, no capítulo que trata das construções com “*ossatura em madeira*”²², um quadro sintético de oito tipos de sistemas construtivos desenvolvidos pelos países da Europa central. Neste mesmo livro, Hoor (1995) apresenta as ‘construções em painéis’ diferenciando-as das construções em “ossaturas em madeiras” por se tratarem de construções que:

“[...] significam construir com ajuda de painéis portantes, ou não, onde a ossatura é em madeira separando e delimitando os espaços. Ela pôde ser desenvolvida graças aos novos meios de ligação industrializados. Dessa forma, os demais elementos construtivos, tais como os pilares, vigas,

²¹ Junta de quatro países andinos: Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela

²² Construire en bois. Choisir, concevoir, réaliser (1995). Karl-Heinz Götz, Dieter Hoor, Karl Möhler e Julius Natterer

paredes, fachadas, contraventamentos e painéis de cobertura são pré-fabricados no ateliê da carpintaria/marcenaria e restará serem montados no canteiro de obra; tornando-os menos dependentes das condições meteorológicas”.

Apesar do pouco emprego da madeira como matéria-prima de sistemas construtivos, não se pode dizer que o Brasil não tenha tradição de seu uso. Grande parte das carpintarias de coberturas residenciais ainda hoje é executada em madeira, o que representa números significativos no mercado da construção civil brasileira – ainda que este mercado se apresente desorganizado e desarticulado ao longo de sua cadeia produtiva. A tradição do emprego da madeira no Brasil remonta ao período colonial, apesar da pouca experiência, trazida durante os primeiros séculos, pela colonização de países do Mediterrâneo (MIRANDA e CZAIJKOWSKI, 1987). Por outro lado, a grande disponibilidade de matéria-prima de nossas florestas estimulou o seu emprego. (CALIL JR et al., 2004; DAMIANO, 2004)

Com a chegada dos imigrantes com tradição madeireira no final do século XIX e começo do XX, a construção em madeira teve novo impulso. Esses imigrantes, principalmente japoneses e alemães, influenciaram e impulsionaram o seu emprego nas edificações das cidades e regiões chamadas ‘novas fronteiras’ brasileiras. (ZANI, 2003) Muito dessa tradição se perdeu ao longo do século XX pelo esgotamento das reservas de florestas no Sul do Brasil, consequência de uma política exploratória equivocada, e/ou da ausência dela (INO, 1992; MELO et al., 2002; ZANI, 2003; SZUCS et al., 2004). Citam-se também as políticas públicas desenvolvimentistas que, equivocadamente, impulsionaram o emprego de outros materiais e desestimularam o uso da madeira; além de não considerarem o manejo florestal como alternativa para proteção e uso racional de nossos recursos naturais.

As construções em madeira nos estados do Sul e Sudeste do Brasil foram influenciadas pelos imigrantes japoneses e alemães. Aproveitando-se do desbravamento do interior país e, conseqüentemente, com a derruba de grandes áreas florestais, principalmente a Mata de Araucária, uma grande quantidade de matéria-prima (várias espécies de madeira) se tornou disponível. No desenvolvimento e colonização do interior dos estados do Sul, várias cidades foram construídas à base da exploração dessas florestas nativas. Em seu trabalho sobre o repertório arquitetônico das casas de madeira de Londrina, Zani (2005) relata que as espécies de madeiras mais apreciadas pelas serrarias eram o Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) e a Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*). Mais à frente, cita que as técnicas construtivas associadas com a oferta de madeira e com as ferramentas da época definiram o sistema

construtivo de tábua e mata-junta empregado tanto pelos imigrantes japoneses, como pelos alemães.

O mercado brasileiro da construção civil, nessa primeira década do século XXI, se caracteriza por um “boom” de construção, mas, ainda, com predominância no emprego dos materiais tradicionais – cimento, aço e alvenaria. A madeira participa desse mercado, como citado acima, nas carpintarias da cobertura, na etapa de preparação dos canteiros de obras e etapa inicial dos cimbramentos. Entretanto, ainda é inexpressiva a quantidade de moradias construídas tendo a madeira como matéria-prima principal do sistema construtivo. Alguns sistemas construtivos em madeira não apresentam uma classificação clara ou têm características de vários sistemas construtivos incorporados. A seguir, serão apresentados quatro exemplos de sistemas construtivos em madeira, de grande difusão, distribuídos em vários países.

2.4.1. Sistema construtivo pilar-viga

Caracteriza-se por ser um sistema construtivo autoportante e independente dos outros subsistemas, ou seja, além de sustentar o peso da cobertura, dos pisos e das vedações das paredes, o sistema estrutural de pilares e vigas trabalha de forma independente destes. Todas as cargas são transmitidas para a fundação através dos pilares de madeira. Atenção especial deve ser dada às cargas de ventos e, conseqüentemente, ao contraventamento das vedações verticais e horizontais. (INO, 1992; CALIL JR et al., 2003)

No período colonial brasileiro, o sistema pilar-viga era empregado em abundância. As madeiras eram talhadas de maneira quase rústica em florestas localizadas nas proximidades das fazendas e mesmo em muitas residências das áreas urbanas (MIRANDA E CZAIJKOWSKI, 1987). As peças eram superdimensionadas para suportar o ataque de fungos e insetos e, mesmo, pela ausência de correto dimensionamento. Porém, observa-se rigor construtivo com o emprego de porões (isolar da umidade do solo), fundações em pedra e elevadas quase sempre aflorando do terreno natural, beirais avantajados das coberturas e varandas ao redor das casas. Estas e outras técnicas construtivas permitiram que muitos exemplares desse período não fossem degradados rapidamente e que continuassem ‘de pé’ ainda hoje.

A simplicidade construtiva do sistema pilar-viga faz que seja empregado ainda hoje. O rigor do cálculo estrutural, ou a capacidade de dimensionar corretamente, determina seções mais otimizadas em nossos tempos. As peças de madeira comercializadas no mercado da construção civil do Brasil se adaptam ao seu emprego.

Na Europa, o sistema construtivo pilar-viga é empregado por vários países. Nos anos 1970 e 1980, a Alemanha desenvolveu várias técnicas construtivas com esse sistema - viga contínua/pilar interrompido; viga interrompida/pilar contínuo; vigas duplas e contínuas/pilar simples e contínuo; vigas simples e contínuas/pilar duplo e contínuo (GÖTZ, 1995). Muitas dessas versões desse sistema foram desenvolvidas e aplicadas em outros países europeus ficando difícil identificar sua origem, mesmo porque ele permite muitas derivações (HERZOG, 2004).

A Junta del Acuerdo de Cartagena²³ (JUNAC) também apresenta o sistema pilar-viga como um dos sistemas construtivos empregados nos países do Acordo de Cartagena – Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela. Embora apresentando algumas limitações quanto ao comprimento e seção das peças (JUNAC, 1984), pode-se dizer que apresenta as mesmas características dos demais países, principalmente aquelas relacionadas com o Brasil, pela origem de boa parte da matéria-prima (florestas nativas da Amazônia) e pelo clima.

Ainda no Brasil e outros países latino-americanos, o sistema pilar-viga é empregado com madeiras roliças. Essa técnica de construção exige um maior domínio geométrico e construtivo; as peças têm diâmetros entre 15 e 25 cm, o que representa uma dificuldade maior no seu manuseio, por serem pesadas. Uma peça roliça de *Eucaliptus citriodora* de diâmetro 15 cm e 4 metros de comprimento pode pesar 70 kg; a mesma peça com diâmetro de 25 cm pode pesar 200 kg. As vantagens dessa técnica com madeiras roliças são o seu baixo custo na aquisição das peças e a rapidez de montagem. Quando existir a possibilidade de um dispositivo para locomoção das pesadas peças roliças dentro do canteiro de obras, esse sistema construtivo torna-se bastante atrativo como opção de construção. A **figura 1** apresenta um exemplo desta técnica construtiva em uma residência de dois andares na cidade de São Carlos - SP. Há uma combinação de componentes roliços na estrutura principal pilar-viga com peças serradas no barroteamento do piso. As vedações das paredes foram realizadas com alvenaria de tijolos solo-cimento e taipa de mão.

No Sul do Brasil, o sistema construtivo tábua e mata-junta é classificado como pilar-viga. Ele foi empregado na construção e colonização das principais cidades, principalmente aquelas influenciadas pela imigração japonesa e alemã. Conforme descrito em Zani (2005), o sistema tábua e mata-junta consistia em fazer um 'quadro inferior', um 'quadro superior' e entre estes os 'esteios', também chamados pelos construtores de 'pé-direito'. Os esteios eram peças de seção quase sempre de 10 x 10 cm que se encaixavam nestes quadros, recebendo a carga das

²³ Junta de quatro países andinos: Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela

tesouras e transmitindo-as do quadro superior diretamente para as fundações. As vedações das paredes, piso e forro, segundo Zani, eram chamadas de estruturas complementares com alguma contribuição estrutural, porém trabalhavam de forma independente dos quadros inferior e superior.

Estrutura portante sobre fundação de casa em 2 níveis; madeiras roliças de Ø20 cm nos encontros de pilares e vigas; barrotes de 6x16 cm no deck da varanda

Detalhe dos encontros pilares-vigas ao nível da cobertura; componentes em diagonal contraventando a estrutura nos planos verticais (transversal e longitudinal)

Figura 1. Sistema construtivo pilar-viga, com madeiras roliças

Fonte: residência em São Carlos (fotos do autor)

No Japão, o sistema construtivo pilar-viga é chamado de 'Zarai Koho' classificado em dois grupos: o sistema tradicional e o tradicional simplificado. É um sistema bastante difundido e apoiado pelo órgão financiador de moradia (INO, 1992). As diferenças dos dois grupos se dão pelos meios de ligação empregados e pela adição de novos materiais no tradicional simplificado. No sistema tradicional, as conexões eram baseadas em encaixes elaborados por ferramentas específicas e por carpinteiros capacitados. Para os meios de ligações, eram empregados madeiras mais duras (densas) ou poucos metais (pregos, pinos, etc). No sistema tradicional simplificado, as conexões são menos elaboradas, mas garantidas por meios de ligação modernos (parafusos, chapas, etc) e eficientes.

O desenvolvimento de novos materiais – sambladuras, conectores e meios de ligação – e ferramentas de trabalho com a madeira tem sido grande aliado para a continuidade do sistema construtivo pilar-viga. O que antes era realizado apenas por artesões que detinham domínio das técnicas e ferramentas, hoje em dia é facilitado pelos novos materiais e ferramentas. Transposição de grandes peças, quadros ou até mesmo pórticos, são realizados rapidamente dentro do canteiro, por meio de guas simples. Entalhes elaborados, antes realizados em horas, são finalizados em segundos por máquinas automatizadas.

2.4.2. Sistema construtivo entramado

Como o próprio nome sugere, esse sistema construtivo se baseia na execução de uma trama de madeiras de pequenas dimensões (5 x 10 cm, ou próximo disso) e curtos espaçamentos entre peças, para as vedações verticais (paredes) e horizontais (pisos); ao final, essa trama pode ser revestida de várias maneiras (chapa, tábuas, etc). Geralmente se trabalha com madeiras provenientes de florestas plantadas. As paredes são compostas pelas tramas de madeiras de seção reduzida e revestidas, geralmente, por chapas²⁴.

Seu sistema portante é o conjunto de paredes que recebem uniformemente as cargas da cobertura e dos pisos (quando existir) e o distribuem para a fundação. No sistema entramado, o peso da cobertura é distribuído uniformemente sobre as paredes, e esta distribuída sobre a fundação. É um sistema construtivo muito leve e de boa resistência às intempéries (ventos), o que exige uma fundação de simples execução. Tem grande potencial para a industrialização e racionalização da construção, conseqüentemente para a pré-fabricação de componentes ou de elementos (partes dos sistemas); ao mesmo tempo que tem aplicação em pequenas construções, ou construções individuais por sua simplicidade executiva e padronização das peças – 2"x4" (two by four, no mercado Norte Americano). Aliás, por essa mesma razão teve grande emprego no meio oeste americano, desde meados do século XIX, difundindo-se por toda a América do Norte, anos mais tarde. Essa padronização levou, mais tarde, à pré-fabricação do sistema entramado. A **figura 2** apresenta o sistema construtivo entramado em uma edificação típica norte americana.

Figura 2. Etapas do sistema construtivo entramado

Acessado em 08/09/2010.

Fonte: www.sudburyconstruction.ca/system.html.

²⁴ São também denominadas de madeiras processadas industrialmente. As chapas de madeira mais conhecidas são os compensados laminados, compensados sarrafeados, MDF, OSB, Madeirit, dentre outros de menor emprego.

Até os dias atuais, é empregada em grande número nos Estados Unidos e no Canadá, seja industrialmente (catálogos das empresas), seja individualmente pelo sistema 'do it yourself': as famílias fazem aquisições dos componentes necessários e, por conta própria, realizam as reformas, ampliações e melhorias de suas moradias. Nesses dois países, são adotadas duas variantes do sistema entramado: o balloon-frame e o platform – este último representado pela **figura 2**. No sistema balloon-frame, os componentes verticais (montantes) de fachada são contínuos, não sendo interrompidos entre os dois andares da construção. Ao contrário do sistema platform onde, os montantes são curtos – da altura de um pé-direito -, e os andares são realizados em estágios, um andar de cada vez.

As sete etapas da construção demonstrados na **figura 2** revelam a preocupação com o preparo da fundação e das instalações básicas prontas para receber o sistema entramado. Os revestimentos do entramado podem ser realizados durante a montagem do sistema, levando em consideração as técnicas necessárias para o seu acabamento (instalações e isolamentos).

Na Europa, o sistema construtivo entramado se apresenta da maneira tradicional, denominado "colombage", ou, como é chamado no Sul do Brasil, 'enxaimel'. Foi empregado durante muitos séculos e é bastante representativo da cultura construtiva europeia. Ainda hoje existem muitas cidades européias que preservam essas construções estimulando o turismo e valorizando sua preservação.

As construções contemporâneas europeias empregam bastante o sistema entramado, mas sem o compromisso de estarem usando o sistema construtivo balloon ou o platform. A Eurocode 5²⁵ estabelece critérios e requisitos para a construção em madeira e, mesmo atendendo às exigências contra incêndios, é permitida a construção de edifícios estruturados em madeira com até cinco andares; alguns países já permitem maior quantidade de andares. Geralmente, o sistema construtivo adotado é um misto de pilar-viga com entramado.

O sistema de entramado, também chamado por alguns autores de 'wood frame', começa a ser difundido como alternativa de sistema construtivo em madeira no mercado brasileiro pela facilidade de ser executado e pela sua capacidade de ser industrializado em pequena e grande escala. Algumas empresas iniciaram a produção do sistema entramado, mas não alcançaram demanda que justificassem a continuidade da produção. Em protótipo construído no campus da

²⁵ Norma da Comunidade Européia relativa às construções em madeira.

UFSC, aferiu-se sua eficiência construtiva e desempenho, apresentando possibilidade de ser replicado em várias situações e regiões do país (SZUCS, 2004).

2.4.3. Sistema construtivo em madeiras maciças empilhadas

É, talvez, um dos mais antigos sistemas construtivos em madeira. Suas técnicas construtivas, apesar de serem elaboradas nos entalhes e nos encaixes de peças, trabalham com a madeira bruta roliça ou serrada, em processos manuais com ferramentas básicas de corte e entalhes.

Caracteriza-se por ser um sistema construtivo autoportante, resolvendo concomitantemente os revestimentos das vedações (paredes) e a questão estrutural - distribuição das cargas da cobertura. As peças serradas ou roliças têm o comprimento do ambiente, ou de toda uma fachada. Outra forte característica é a sua resistência às intempéries, pois apresenta alta inércia térmica, consequentemente ótimo isolamento térmico, resistindo a condições climáticas adversas, como invernos rigorosos. Está quase sempre associada a construções rurais, regiões serranas, altas latitudes e próximas às florestas. Hoje em dia, algumas empresas pré-fabricam este sistema construtivo, mesmo que mantendo todo seu apelo *vernacular*. (**figura 3**)

Duas especificidades construtivas caracterizam o sistema construtivo. A primeira é o encontro das peças nos cantos das paredes; a segunda é o contato horizontal e longitudinal entre cada camada de peças. Esses dois detalhes construtivos garantem as principais características do sistema construtivo, quais sejam: amarração entre peças, desempenho estrutural, estanqueidade contra ventos e chuvas e isolamento térmico.

Na Europa, a técnica de construção em serrados ou roliços²⁶ recebe este mesmo nome. Foi largamente utilizado em séculos passados, não sendo mais empregado, pois novas técnicas o substituíram com vantagens – menor consumo de madeira, entalhes mais simples e rapidez na montagem. A vinda de imigrantes europeus para a região Sul do Brasil trouxe junto a transferência desta técnica construtiva. Em muitas cidades dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, este sistema construtivo é empregado mais numa ‘alusão romântica’ à imigração do que à uma necessidade funcional ou tradição construtiva.

Herzog e Voltz (1998) nos falam do sistema construtivo em madeiras maciças serradas e roliças empregadas nos sistemas vernaculares da Europa. Não é tão empregado atualmente pela substituição de novas técnicas construtivas que diminuem seu consumo de madeira e facilitam a construção e montagem com técnicas mais simples. Têm a rigidez das ligações do conjunto

²⁶ Numa tradução literária de “Construction em rondin et en madriers”. Retirado de “Construire en bois 2, p. 62 (1998)

asseguradas pelas paredes portantes em madeira maciça. A rigidez dos encontros (cruzamentos) é garantida tanto pelo peso próprio como pela riqueza dos entalhes.

Na América do Norte, o sistema também foi largamente empregado, nas regiões rurais e mais frias, em construções denominadas *log homes*. Ainda hoje em dia, algumas empresas oferecem esta opção construtiva, porém sem as mesmas demandas construtivas originais e com forte apelo *rústico moderno*²⁷. Existem dois tipos de *log homes*: os realizados com madeiras roliças e aqueles onde as madeiras são lavradas com ferramentas manuais até adquirirem certa retidão.

Figura 3. Etapas do sistema construtivo em madeiras maciças.

em 09/09/2010

Fonte: www.logcrafter.com/gallery, acessado

Algumas empresas brasileiras adotam a pré-fabricação de um sistema de peças serradas empilhadas horizontalmente e guiadas por montantes nos seus encontros de paredes. Não apresenta a riqueza de detalhes construtivos do sistema *log homes* ou *madriers*, porém tem as mesmas características estruturais. Suas paredes (com as peças serradas e dispostas na horizontal) recebem as cargas da cobertura e descarregam, de forma distribuída, diretamente sobre a fundação. Essas peças estruturais das paredes apresentam seção de 4,5 x 15 cm²⁸ e são assentadas com a ajuda de guias nos cantos dos ambientes, ou os montantes. Como essas peças horizontais são assentadas geralmente no estado verde, perdem umidade durante a montagem, e mesmo após a construção, diminuindo sua seção transversal. É a chamada perda de seção por retração transversal da madeira. Desta forma, muitas “frestas” aparecem, necessitando ajustes posteriores. O montante, estando na posição vertical, tem menor retração no sentido longitudinal, praticamente não alterando seu comprimento. É comum nessas casas o montante “levantar” as telhas da cobertura – sinal de que as peças horizontais diminuem de seção, e o montante continua praticamente com a mesma medida inicial.

²⁷ Embora com técnicas construtivas simples, não dispensa o conforto das técnicas construtivas modernas; e não enfrenta as severas condições nas quais viviam os habitantes originais.

²⁸ Baseado nas informações do Manual de Montagem da empresa Casema Indústria e Comércio Ltda.

2.4.4. Sistema construtivo em painéis pré-fabricados

É caracterizada por um sistema construtivo onde as cargas da cobertura são distribuídas uniformemente sobre os planos verticais (vedações das paredes). Esses planos verticais e mesmos os horizontais (pisos) representam os painéis. A construção desses painéis pode ser realizada de diversas maneiras. Ainda não existe um modelo de sistema construtivo panelizado que seja empregado, ou produzido, em série no Brasil. Existem vários modelos de experiências executadas pelo país, mas que ainda não determinaram uma reprodução seriada. (INO, 1992).

Hoor (1995) define a construção em painéis como “construir com a ajuda de painéis portantes ou não, onde a ossatura em madeira é que separa e delimitam espaços”. Concebida com o objetivo de aproveitar os benefícios da pré-fabricação, foi desenvolvida graças aos novos meios de ligação oferecidos pelas indústrias metalúrgicas, facilitando sua construção em oficinas (carpintarias e marcenarias), de maneira menos independente das condições meteorológicas, independente do canteiro e ainda mais precisa nos momentos de junção dos componentes pré-fabricados. Todos esses processos, que visam a racionalização e a industrialização, têm por meio a pré-fabricação cada vez maior da construção em madeira. Por tais motivos é o sistema construtivo que apresenta maior grau de industrialização de seu processo construtivo – produção e montagem.

Figura 4. Sequência de montagem do sistema de painéis pré-fabricados. Fonte: Construire en bois 2 (1995)

A **figura 4** apresenta um esquema de montagem de painéis pré-fabricados; no caso específico da figura, eles foram construídos em módulos de cobertura junto com as paredes e posicionados sobre os painéis pré-fabricados do piso. Os módulos espaciais pré-fabricados são transportados

em caminhão e posicionados nos canteiros com a ajuda de guias de içamento. A fundação e as instalações básicas devem estar prontas para a montagem dos componentes pré-fabricados.

A sequência de 1 a 8 da **figura 4** apresenta os módulos do sistema construtivo em painéis pré-fabricados desde o seu transporte para o canteiro de obras, içamento e posicionamento na fundação até o acabamento e ajuste final. Os módulos pré-fabricados da cobertura e paredes são empilhados uns sobre os outros, a fim de ganhar espaço no caminhão e aproveitar melhor o transporte de maior quantidade de componentes.

São sistemas construtivos empregados em diversos países da América do Norte, Europa e Ásia. Em outros países, eles são encontrados em menores quantidades. No Brasil, existem várias experiências²⁹ com o sistema de painéis pré-fabricados, entretanto elas ainda não resultaram em uma adoção industrial, ou que fosse aplicada por alguma empresa do setor da construção civil.

2.5. Industrialização e racionalização da construção civil

Com o surgimento das feiras e das cidades, os artesãos passaram a se concentrar num único local para executar seus produtos. Esses locais foram denominados de ‘as primeiras fábricas’, sendo a produção destinada ao consumo. O desenvolvimento do processo industrializado, preocupado com o custo e a produção – o que até então inexistente nas primeiras fábricas –, associado às conquistas técnicas – vapor, eletricidade, etc. – trouxe uma nova fase: a industrialização. Na **tabela 8**, Camargo (1975) nos apresenta as diferenças estruturais dos dois processos:

Camargo (1975) demonstra que o processo técnico industrial, tendo foco no aumento da produção com a meta de aumentar os lucros, retira do trabalhador o domínio de todo o processo e dispensa a necessidade de um trabalhador altamente capacitado e qualificado. A forma de organização da produção e a divisão do trabalho, no processo industrial, são abruptamente interrompidas, de maneira a retirar do produto o caráter exclusivista, próprio do modo artesanal.

O processo de produção artesanal ainda passa por várias fases de produção, conforme definição de Huberman (1986):

[...] o sistema familiar onde o artesão se resume a uma organização familiar que domina todo o processo de produção; o sistema de corporações, no qual os artesões se organizam em associações que defendem seus interesses; e,

²⁹ Alguns exemplos de painéis pré-fabricados: as 360 unidades residenciais do Conjunto Pedra 90 em Marcelândia – MT em 1995, executadas pelo G-Hab da EESC/USP, os projetos 001 e 002 do Grupo Habis da EESC/USP e UFSCar executados no campus da EESC/USP em 1998; o abrigo emergencial para o Assentamento Rural Sepé Tiaraju em Serra Azul – SP em 2006, executado pelo Grupo Habis, com participação das famílias e alunos da graduação. Em algumas experiências, os painéis pré-fabricados são aplicados como revestimento de uma estrutura pilar-viga, ou seja, fazem a vedação do sistema estrutural.

o sistema doméstico, quando os mestres artesões ainda detêm as ferramentas e a habilidade da produção, mas perdem a matéria-prima para os atravessadores que organizam a comercialização da produção.”³⁰

Essa última fase do artesanato é o começo da fase seguinte classificada por Huberman (1986) como sistema *fabril* da organização industrial. O trabalhador deixa de ser artesão e passa a ser assalariado, não tem as ferramentas próprias, nem o domínio da matéria-prima e sua habilidade deixa de ser importante devido à mecanização.

Tabela 8 - Elementos 'conceituais-diferenciais' dos processos técnico-produtivos artesanal e industrial.

Fonte: Baseado em Camargo (1975, apud Pentead, 1999)

Processo técnico-produtivo		
Características	Artesanal	Industrial
Instrumentos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> Ferramentas que representam ampliações ou prolongamento das mãos do trabalhador (artesão) 	<ul style="list-style-type: none"> Máquinas que procuram substituir o homem na execução de um trabalho
Local de produção	<ul style="list-style-type: none"> Ateliê ou oficina 	<ul style="list-style-type: none"> Fábricas ou usinas
Produto gerado	<ul style="list-style-type: none"> Único e individualizado Mercado restrito 	<ul style="list-style-type: none"> Multiplicado várias vezes Ampla mercado consumidor
Organização da produção	<ul style="list-style-type: none"> Pelo artesão que tem liberdade de ação 	<ul style="list-style-type: none"> Baseada na racionalidade e eficiência e transcende a ação de cada trabalhador.
Forma de organização da produção	<ul style="list-style-type: none"> Processo contínuo de transformação da matéria até se obter o produto final 	<ul style="list-style-type: none"> Separação entre a produção das partes componentes do produto e uma fase de montagem dos componentes formando o produto desejado.
Divisão do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> O artesão acompanha todas as etapas pelas quais a matéria-prima se transforma em produto final. Quase nenhuma divisão do trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> Autonomia bem nítida das fases produtivas. Divisão do trabalho extremamente refinada.
Formação do trabalhador	<ul style="list-style-type: none"> Longo tempo de preparação, através da experiência acumulada. 	<ul style="list-style-type: none"> Preparação curta para as atividades que dizem respeito à operação de máquinas. Longo tempo de formação para as atividades que dizem respeito às etapas criativas ou organizacionais ou técnicas.
Criatividade	<ul style="list-style-type: none"> Ato sempre presente 	<ul style="list-style-type: none"> Pertence a uma fase bem definida que é a do design do produto.

A industrialização dos séculos XVII e XVIII vem ao encontro dos interesses de uma classe dominante, abastada de capital e apta a aumentar seus lucros e acumular riquezas - seu principal objetivo. O capitalismo se difunde como modelo econômico, iniciando pela Inglaterra e depois se espalhando pela Europa. O acúmulo e a concentração de riquezas pelos detentores do capital formador das indústrias e a exploração da mão de obra de uma nova classe, que deixa o trabalho do campo para o trabalho da cidade, além da substituição do trabalhador artesão, são as principais características desse processo de industrialização. No início, enquanto a mão de obra ainda era barata, a industrialização tinha como meta a produção a qualquer custo. Com o passar dos tempos, o aumento da competitividade e a necessidade de baixar custos de produção fazem entrar em cena a racionalização da produção.

³⁰ Huberman, Leo. História da riqueza do homem. 21ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 1986. p. 114-115. Versão original: New York, 1936.

A comparação desses dois processos produtivos - artesanal e industrial – nos remete à reflexão sobre a racionalização de processos produtivos opostos. Até onde os dois processos podem ser racionalizados? Ou, ainda, até onde o processo artesanal pode ser racionalizado, mantendo as características de seu processo de produção? O que é a racionalização do processo de produção?

Fazendo uma interrupção temporal abrupta dos processos históricos sobre a industrialização, passa-se para uma reflexão mais direta da racionalização focada sobre o mercado da construção civil. Em sua tese, Sabbatini (1989) define a racionalização como sendo de dois tipos: a *racionalização construtiva* e a *racionalização da construção*.

A racionalização da construção surgiu com a proposta de industrialização da construção civil, quando se defendia que o setor deveria se aproximar dos “paradigmas” de uma indústria fabril seriada. Porém, a ideia de industrialização vai além da simples adoção dos princípios da pré-fabricação, caracterizando-se como um processo de organização da atividade produtiva (GUEDES e QUELHAS, 98; BRUNA, 2002). Os objetivos da industrialização e da racionalização se confundem na busca do desempenho otimizado e no aperfeiçoamento da atividade construtiva (SABBATINI, 1989).

Dessa maneira, Sabbatini define a racionalização da construção como: “processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade sócio-econômica própria”. Tem uma abrangência ampla, portanto macro, do mercado da construção.

Com racionalização construtiva, Sabbatini (1989) se refere às técnicas construtivas e às partes construtivas do edifício, enquanto objeto de estudo, e a define da seguinte maneira: “[...] processo composto por um conjunto de ações que tem como objetivo otimizar o uso de recursos humanos, materiais, organizacionais, energéticos, temporais e financeiros, disponíveis na construção em todas as suas fases”.

Melhado (1994) apud Guedes e Quelhas (1998) destaca a relevância da racionalização construtiva como importante ferramenta em programas de melhoria da qualidade, com aplicações e resultados, mesmo em curto prazo. Também Melighender (1976) apud Guedes e Quelhas (1998) observa que a racionalização dos métodos construtivos tradicionais implica uma total revisão na estrutura organizacional das empresas. Segundo Guedes e Quelhas (1998), outros autores convergem suas ideias para alguns pontos:

- A racionalização construtiva é uma importante ferramenta para a melhoria da qualidade de vida, visando à sobrevivência e à competitividade no mercado; e
- Não faz sentido pensar em racionalização através de ações isoladas, ou limitadas a algumas fases da construção. Estas devem fazer parte de uma estratégia empresarial.

Embora os autores citados acima façam referências à racionalização de processos produtivos nas grandes empresas (estratégia empresarial; mercado da construção; estrutura organizacional das empresas, etc), é interessante observar o quanto esses conceitos de racionalização construtiva se encaixam, ou se adaptam ao processo de produção artesanal e de pequeno porte. Respondendo, assim, às perguntas anteriores onde a racionalização, entendida como processo de organização da atividade produtiva, não está restrita apenas ao processo de produção industrial. O artesão, a pequena empresa, estruturas familiares organizadas podem racionalizar seu processo de produção, neste caso, segundo apresentado acima, através da racionalização construtiva.

Outro termo bastante empregado, em se tratando de racionalização construtiva, é a construtibilidade, utilizado por Guedes e Quelhas (1998) para racionalização de processos construtivos que é definida por Sabbatini (1989) como: “a habilidade ou a facilidade da edificação ou qualquer produto da construção civil em ser construído”.

Quanto à origem do termo construtibilidade, temos um primeiro, “constructability”, originado nos Estados Unidos, no início dos anos 80, e um segundo, “buildability”, surgido no Reino Unido, também nos anos 80. Guardadas as diferenças etimológicas dadas por ambos, Sabbatini conclui que na prática elas se complementam. O emprego da metodologia de construtibilidade representa uma ação voltada para a racionalização construtiva. Porém, é importante observar as diferenças de ponto de vista. A racionalização construtiva adota ações de otimização de cada parte do sistema. Por sua vez, a construtibilidade apresenta como fundamental um olhar por todo o sistema. (MELHADO, 1994, apud GUEDES e QUELHAS, 1998)

Entretanto, a racionalização não está apenas na fase de execução, como a maioria dos autores estabelece. Além das etapas de produção e montagem, destacam-se as etapas iniciais de concepção e desenvolvimento do projeto e as etapas finais de acabamento e manutenção durante sua vida útil. Defendendo esse ponto de vista, Guedes e Quelhas (1998) propõem uma visão mais holística sobre a construtibilidade, qual seja:

“[...] a qualidade ou facilidade de algo ser construído (e mais tarde, utilizado), com a adoção de ações de racionalização desde a fase de concepção de um empreendimento, visando à otimização dos recursos durante as fases de execução (e de utilização), diminuindo as dificuldades encontradas através de soluções alternativas e integração entre os envolvidos”.

2.6. Graus de industrialização de sistemas construtivos em madeira

A classificação dos sistemas construtivos em madeira pelo seu grau de industrialização é um dos critérios mais adotados pela literatura. Embora não seja o único critério de classificação, a variável industrialização nos permite compreender o quanto de mecanização foi empregado no processamento da matéria-prima até seu emprego final na construção. Segundo Sabbatini (1989), Ino (1992) e Bittencourt (1995), os critérios para a classificação dos sistemas construtivos são imprecisos e relacionam os mais frequentemente encontrados: grau de industrialização; material utilizado nas paredes; tipologia das estruturas resistentes; e peso do material empregado.

JUNAC (1984) apresenta uma síntese significativa e resume em três os graus da industrialização dos sistemas construtivos (**quadro 3**). Segundo JUNAC (1984), os sistemas construtivos podem ser classificados quanto ao seu grau de industrialização em três níveis.

Quadro 3 – Sistemas construtivos quanto ao seu grau de industrialização.

Fonte: JUNAC (1984)

Não industrializado	Sistema vernacular	
	Sistema habilitado ou semi-pré-cortado	
Semi-industrializados	Sistema pré-cortado	
Industrializados	Pré-fabricação parcial	Sistema de componentes pré-fabricados
		Sistema de painéis pré-fabricados
	Pré-fabricação total	Sistema de módulos pré-fabricados

O sistema construtivo que não apresenta nenhuma transformação significativa de seus materiais antes de seguir para o canteiro de obras é classificado no primeiro grau, e é denominado 'não industrializado'; e está dividido em dois grupos: o sistema construtivo vernacular e o sistema construtivo habilitado ou semi pré-cortado. Nos dois grupos, os materiais empregados não passam por processos industriais e são adquiridos em seu estado bruto, ou bem próximo disso; as peças sofrem transformações por meio de ferramentas e máquinas no próprio canteiro de obras. O processo de uso e transformação dos materiais do sistema construtivo acontece no canteiro de obras e está inserido num mesmo cronograma de obras. Dessa forma, há dependência direta entre suas etapas.

O segundo grau de industrialização é denominado "semi-industrializado" onde se encontra o sistema construtivo pré-cortado. Neste, as peças que serão empregadas no sistema construtivo passam por processo de industrialização simples e, em seguida, são encaminhadas para o canteiro de obras com pequena transformação. O cronograma de obras ainda sofre com a

dependência entre as suas etapas, porém se ganha maior rapidez com alguns materiais semi-industrializados.

O terceiro grau é denominado 'industrializado'. Neste grau de industrialização dos sistemas construtivos, existem dois grupos, sendo o primeiro com 'pré-fabricação parcial' e o segundo com 'pré-fabricação total'. Independentemente dos grupos, os materiais aqui empregados passam por processos industriais; eles são executados em partes ou no todo até serem empregados no canteiro de obras. São produzidos independentes do andamento deste. A principal característica desse grau de industrialização é a independência entre canteiro de obras e local do pré-fabricação parcial ou total do sistema construtivo. Ganha-se muita agilidade com a obra, que é realizada em tempo reduzido.

O sistema construtivo não industrializado, segundo JUNAC (1984), representa aquele onde o trabalho realizado em indústria é inexistente ou bastante reduzido. Prioriza-se o emprego de materiais locais e disponíveis com certa abundância na região em que será construída a edificação. Os materiais utilizados têm pouca ou nenhuma transformação. Nesse grau de industrialização, incluem-se os sistemas vernacular e o habilitado.

No sistema vernacular, as sambladuras e a montagem das ligações são realizadas por métodos e ferramentas tradicionais: uso de pouca tecnologia, bem como simplicidade dos deslocamentos. Dentre os sistemas construtivos que são classificados com o grau de industrialização vernacular, temos: colomage; madeira lavrada maciça e roliça; e roliço rústico.

No sistema habilitado se enquadram aqueles cujas madeiras são provenientes das serrarias e têm um grau mínimo de industrialização. Chegam com suas seções finais para o emprego em obra, mas necessitam de entalhes nas ligações e cortes que ajustem ao comprimento final.

O sistema construtivo semi-industrializado, segundo JUNAC (1984), representa aquele onde o número de repetições de alguns elementos é suficientemente grande para serem pré-fabricados em escala, mas sem necessariamente completar o ciclo de ligações e acabamentos dos componentes, painéis ou módulos volumétricos. Inclui-se nesse grau de industrialização o sistema pré-cortado. Tradicionalmente, são classificados como sistemas construtivos semi-industrializados: o pilar-viga, os entramados platform e baloom frame e o ossatura em madeira.

O sistema construtivo industrializado, segundo JUNAC (1984), representa aqueles que passam por processos de pré-fabricação de seus componentes, painéis e/ou módulos volumétricos de partes dos seus sistemas construtivos. Existem dois grupos de sistema industrializado: de pré-fabricação parcial e de pré-fabricação total.

Na pré-fabricação parcial, temos dois tipos: aqueles com pré-fabricação de componentes ou partes de um subsistema e os com pré-fabricação parcial de um todo, por exemplo, a pré-fabricação de toda uma parede, de uma grande parte do piso, ou mesmo, da cobertura. Como exemplo de pré-fabricação de componentes, tem-se o sistema construtivo pilar-viga pré-fabricado, o entramado com componentes pré-fabricadas, e mesmo o sistema de madeiras maciças e roliças pré-fabricadas. Dentre os sistemas construtivos com pré-fabricação parcial de componentes, tem-se o entramado com revestimentos de paredes e os painéis pré-fabricados de paredes (partes delas).

O sistema construtivo industrializado com pré-fabricação total é aquele que tem grande parte de sua construção executada na indústria, completamente independente do canteiro de obras, geralmente com montagem realizada em apenas um dia. As áreas construídas e pré-fabricadas são pequenas, ficando entre 10 m² e 50 m². Esse sistema depende de que a fundação e todas as partes técnicas (instalações) estejam pré-instaladas. Exige grande planejamento de todas as etapas de obra e mecanização da montagem por meio de guas.

O **quadro 4** apresenta uma síntese dos graus de industrialização adequando a informações do **quadro 3**, sobre os sistemas construtivos (apresentados nos itens 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3 e 2.5.4) e faz uma tentativa de enquadrar estes quanto ao seu grau de industrialização. Observa-se que não há a necessidade de se fazer uma distinção quanto à sua origem, salvo se eles apresentam alguma diferença entre o sistema construtivo de um país e outro.

Quadro 4 – Síntese dos graus de industrialização sobre os sistemas construtivos.
JUNAC (1984)

Fonte: adaptado de

Não industrializado		Sistema vernacular	Enxaimel ou Colombage Madeiras maciças serradas brutas Madeiras maciças roliças
		Sistema habilitado	Pilar-viga roliço
Semi-industrializado		Sistema pré-cortado	Pilar-viga madeiras serradas Entramado 2"x4" platform Entramado 2"x4" balloon frame Ossatura em madeira (europa)
			Madeira maciça serrada pré-fabricada Madeira roliça pré-fabricada Entramado pré-fabricado Pilar-viga pré-fabricado
Industrializado	Pré-fabricação parcial	Sistema de componentes pré-fabricados	Entramado com revestimentos Painéis pré-fabricados de paredes
		Sistema de painéis pré-fabricados	Sistema volumétrico pré-fabricado Sistema modular pré-fabricado
	Pré-fabricação total	Sistema Volumétrico pré-fabricado	

A classificação de grau de industrialização dos sistemas construtivos pode variar de acordo com a bibliografia, do país de origem, ou mesmo do pesquisador, conforme exposto por Sabbatini (1989); entretanto, "são imprecisos os critérios de classificação que determinam cada grau de

industrialização”. E acrescenta ainda mais: “não basta classificar seu processo de produção, este deve ser considerado no seu todo”.

Os sistemas construtivos, mesmo mantendo suas características técnicas construtivas, podem adquirir diferentes graus de industrialização. O seu grau de industrialização pode ser alterado pelas técnicas utilizadas no processamento e montagem de seus componentes. Por exemplo, o sistema construtivo colomage, tradicionalmente classificado pelo grau ‘não industrializado do tipo vernacular’, é oferecido por algumas empresas em componentes pré-fabricados parcialmente. No canteiro de obras, os componentes são apenas montados, passando a ser classificado pelo grau de industrialização com pré-fabricação parcial.

2.7. Pré-fabricação da construção em madeira no Brasil

Historicamente, o Brasil apresenta um deficit habitacional elevado. Segundo dados da pesquisa da FJP³¹, apresentados por Brasil (2009), “o deficit habitacional brasileiro em 2007 era de 6,273 milhões de domicílios, dos quais 5,180 milhões, ou 82,6%, estão localizados em áreas urbanas.”³². Segundo esse mesmo instituto de pesquisa, as diferenças regionais do deficit habitacional são muito grandes. Enquanto no Sudeste e no Sul ele representa, respectivamente, 9,3% e 7,9% do total de domicílios, no Norte e Nordeste, está em 16,7% e 15%, respectivamente. Mesmo que essas questões regionais se apresentem fortes, o fato aqui relevante é que a demanda por habitação no Brasil é alta. Há uma constante procura, principalmente pela classe de renda média e baixa, daqueles que estão em busca do “sonho da casa própria”. Ou seja, de um modo geral, a demanda por moradias existe, é alta e se concentra nas classes baixa e média.

Considerando-se a crise financeira internacional de 2008 ³³, a oferta de créditos, ou a garantia de que ele continuará a ser ofertado, parece a maior preocupação do setor da construção civil. Entretanto, em março de 2009, o Governo Federal lançou o programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida” para famílias da faixa de renda de 1 a 10 salários mínimos e com juros mais baixos, por meio do qual se pretende construir 1 milhão de moradias nos próximos anos com recursos

³¹ A Fundação João Pinheiro – Instituto de pesquisas vinculado ao Governo de Minas Gerais – e o PNUD firmam parceria, em contrato com o Ministério das Cidades, para dimensionar e qualificar o deficit habitacional brasileiro.

³² Mudança da metodologia no levantamento dos dados da FJP de 2008 para 2009 faz que os valores reduzidos de 2007 para 2006, de 1.662 milhões nas estimativas entre estes dois anos, é consequência basicamente da consideração de apenas uma parcela das famílias conviventes como carentes de moradia.

³³ Segundo o periódico *Veja* (novembro de 2008), a crise que começou com a falência do Banco Morgan & Freemann e que desencadeou uma série de falências de instituições financeiras no mundo inteiro, provocando queda acentuada das principais bolsas de valores do mundo, desemprego em grandes empresas multinacionais em vários setores da economia – mineração, metalurgia, siderurgia, energia, transporte, construção, etc.

da ordem de R\$60 bilhões³⁴. A faixa salarial de 1 a 5 salários mínimos será a maior beneficiada, com subsídios que virão do FGTS³⁵ e que somam R\$34 bilhões. O restante do valor será financiado pela CAIXA³⁶ e outras entidades particulares. Além desse novo programa habitacional, continuam os financiamentos tradicionais já oferecidos pelo mercado financeiro – bancos estatais e particulares. Dados da CAIXA indicam que o número de imóveis financiados de janeiro a março de 2010 já é superior ao do mesmo período de 2009, indicando, portanto, que o setor da construção está aquecido e que os financiamentos continuam a sustentar o movimento de compra e venda.

No que diz respeito às empresas construtoras, pode-se dizer que a indústria brasileira da construção civil, abstraindo-se as diferenças regionais e de ordem de grandeza, encontra-se em estágio razoável de avanço tecnológico. Antes da crise financeira internacional de setembro de 2008, o setor da construção estava em ritmo crescente de modernização e muitas empresas modernizaram seu parque fabril. Dados da ABIC³⁷ e ABDIB³⁸ indicam que o setor está atualizado tecnologicamente, principalmente na infraestrutura de equipamentos e no domínio de técnicas construtivas.

Ainda que pesem as diferenças existentes entre as realidades do Brasil e dos países mais desenvolvidos, um ciclo semelhante ao experimentado por estes últimos está se passando aqui. O auge da aplicação das técnicas de pré-fabricação na Europa se deu após a Segunda Guerra Mundial com enorme demanda habitacional. Posteriormente, essa prática se tornou obsoleta e foi substituída por tecnologias mais avançadas e procedimentos mais flexíveis e menos rígidos. Mesmo caminho tem sido a tendência ao longo e demorado desenvolvimento da pré-fabricação no Brasil, considerando-se o acúmulo de problemas de infraestrutura nas décadas de 1980 e 1990, quando o país pouco se desenvolveu.

O Brasil dispõe hoje de um parque produtor de pré-fabricados, cuja experiência e capacitação técnica permitem o desenvolvimento de produtos adequados a essas demandas. A falta de disseminação do uso de sistemas pré-fabricados de ciclo aberto, baseada na utilização de componentes com um alto valor agregado, é hoje, mais uma questão cultural e política do que fruto de uma limitação tecnológica. Daí a questão recorrente: não se constrói porque não há soluções tecnológicas ou não há soluções tecnológicas, por isso não se constrói em larga escala?

³⁴ Folha de São Paulo, 22 de março de 2009 – Caderno “Mercado”

³⁵ Fundo de Garantia por Tempo de Serviço

³⁶ Caixa Econômica Federal – banco estatal federal

³⁷ Associação Brasileira da Indústria da Construção

³⁸ Associação Brasileira das Indústrias de Base

Considerando-se que não são os fatores estritamente tecnológicos que representam o maior obstáculo à difusão da pré-fabricação no Brasil, (SOUZA, 1990; BRUNA, 2002), mas aspectos de ordem política – em várias esferas e dimensões -, uma abordagem prospectiva sobre a pré-fabricação para o mercado da construção deve levar em conta:

- Apresentação de exemplos com eficiência comprovada com sistemas construtivos pré-fabricados, elencando casos de sucesso em outras realidades;
- Apresentação de exemplos que introduzam novos conceitos como a inovação, não se descolando de valores culturais, e que estejam atrelados aos processos de construções pré-fabricadas;
- A desmistificação ou a quebra de barreiras culturais, como a associação de que a repetição e a monotonia estejam atreladas à pré-fabricação de componentes e elementos da construção;
- A confirmação da manutenção ou aumento da qualidade da edificação e suas partes, com a adoção dos processos de pré-fabricação; inclusive havendo mais rigor no atendimento às normas, principalmente das que tratam do desempenho das edificações; e, por fim,
- A adoção de novas técnicas construtivas, novos materiais e novos paradigmas (como a sustentabilidade em suas várias dimensões) associados com a pré-fabricação. Obras públicas que adotassem esses novos caminhos seriam importantes referências para a população.

A possibilidade de produção seriada, quer em suas partes fundamentais, quer na sua totalidade, é uma realidade, e o mercado da construção civil no Brasil está apto a dar esse salto, superando num curto espaço de tempo a defasagem tecnológica do setor e alcançando um grau de industrialização equivalente àquele que já é visível nos países desenvolvidos. A pré-fabricação e a industrialização de ciclo aberto permitindo a intercambialidade de componentes compatíveis dimensionalmente (coordenação modular) e com desempenho comprovado, atendidas pela nova norma brasileira de desempenho da edificação³⁹ é a tendência que oferece uma maior flexibilidade para a produção de componentes e elementos da construção, seja em termos da flexibilidade de tipologias de projeto, seja na tecnologia do produto final.

O cenário atual da indústria da construção brasileira apresenta características únicas para a adoção da pré-fabricação em toda a sua cadeia produtiva. A adoção de componentes pré-fabricados em todos os sistemas da edificação de obras públicas que possam servir de referência para as demais obras, absorvendo toda a prescrição das normas relacionadas e,

³⁹ ABNT NBR 15.575/2010

principalmente, a nova norma de desempenho, a NBR 15.575 parecem ser as melhores alternativas, ou pelo menos, as que estão à nossa disposição.

Dado esse quadro do setor da construção, onde existem uma demanda por habitação em todas as classes, um sistema financeiro com capacidade de financiar as transações de compra e venda nas classes que mais demandam por habitação e uma indústria da construção pronta para oferecer seus produtos e serviços, fica estabelecido o cenário ideal para a racionalização da construção. Nesse sentido, a racionalização é apontada como uma alternativa ao sistema de produção convencional, otimizando processos e melhorando o desempenho e qualidade dos produtos e serviços, com grandes possibilidades de atender às exigências dos usuários.

No caso específico deste trabalho, será estudada a pré-fabricação como meio de racionalizar o processo de produção de sistemas de coberturas com madeiras de florestas plantadas para moradias rurais, atendendo às exigências dos usuários e às condições a que eles estão expostos. Dentre essas exigências, podemos citar as necessidades básicas para uma moradia, quais sejam: o conforto ambiental, a segurança estrutural, enfim, o atendimento às prescrições das normas de desempenho. Dentre as condições expostas, podemos citar as precariedades em que vivem como a limitação de recursos financeiros, materiais e humanos, baixa qualificação profissional para ofícios específicos, dificuldades de obtenção e aquisição de infraestruturas básicas como energia, saneamento básico, comunicação e acessibilidade física nos deslocamentos do meio rural para o urbano.

2.8. A pré-fabricação nos sistemas de cobertura em madeira

A pré-fabricação de casas de madeira na Europa e na América do Norte acontece desde meados do século XX, quando, após a II Guerra Mundial, o deficit habitacional se tornou um problema para os países envolvidos diretamente no conflito, e a industrialização da produção, o meio para atender à crescente demanda. A cobertura foi o subsistema que primeiro teve seus elementos e componentes pré-fabricados. O emprego da pré-fabricação na produção de componentes e elementos da cobertura tradicional aconteceu nos anos 50, na América do Norte, com o desenvolvimento da chapa de aço estampada pelos irmãos Carl e William Jureit⁴⁰, conforme Calil Jr e Dias (1997). As treliças, ou tesouras, foram os primeiros elementos da construção a serem pré-fabricados e logo passaram a ser produzidos em larga escala.

⁴⁰ Carl e William Jureit fundaram a Automatized Building Components Inc. em 1954 e, na busca por um processo mais otimizado das conexões das treliças, criaram a chapa de dentes estampados - CDE, concentrando numa única peça as funções de fixação da chapa, proteção da madeira, conservando sua estrutura e resistência após o cravamento. Estas funções eliminaram vários componentes caros e simplificaram o processo. (CALIL JR e DIAS, 1997)

Segundo Winter (2004):

“os elementos pré-fabricados nas estruturas em madeira tem muitas vantagens sobre os tipos tradicionais de construção. As abordagens tradicionais para a construção são caras, lentas e complicadas para conceber e implementar. Aproximadamente um quarto do material consumido em uma estrutura é desperdiçado. A pré-fabricação da construção permite uma forma racional para alcançar um alto padrão de qualidade, economizando recursos e simplificando a coleta e reciclagem de resíduos”.⁴¹

Sobre o planejamento da pré-fabricação da construção em madeira, o mesmo autor nos expõe o seguinte:

“[...] exige uma estreita colaboração entre arquiteto, engenheiro e construtor de madeira. Aumenta-se o tempo com o planejamento, mas diminui-se o tempo da montagem. No interesse da otimização de custos, mais e mais carpintarias pré-fabricarão elementos de grande porte, até módulos completos de ambientes inteiros. [...] Equipe de planejamento é pré-requisito para a realização deste processo de construção, que está mudando a natureza do projeto de madeira. Neste caso, a soma coordenada dos serviços individuais não é mais importante, mas o desempenho global integrado de todas as diferentes especialidades. Esta é a única maneira de atender, por exemplo, requisitos ecológicos relativos às estruturas de eficiência energética, baixo custo de construção e operação”.⁴²

A pré-fabricação de componentes em madeira se torna condição importante e aliada para alcançar a sustentabilidade da construção. A utilização de componentes e materiais provenientes da floresta nas construções colabora para o desenvolvimento de aspectos sociais, culturais, políticos, ambientais e econômicos. A partir do uso racional da floresta, é possível gerar emprego e renda por meio do desenvolvimento da cadeia de produção da madeira, pela valorização de todos os atores envolvidos, direta e indiretamente. É a floresta, mais uma vez, contribuindo para desenvolvimento humano. As colocações anteriores se referem diretamente às florestas nativas, porém têm relação indireta com as florestas plantadas, uma vez que, alcançando os mesmos objetivos de desenvolvimento humano, os meios se dão em condições menos desfavorecidas que as encontradas na Floresta Amazônica.

As maiores reservas de florestas plantadas se encontram nas regiões do Sul e Sudeste brasileiro. Apesar de serem destinadas, em sua maior parte, à produção de carvão para siderúrgicas e pasta de celulose para as papelarias, essas reservas apresentam potencial para o desenvolvimento das populações de regiões pouco favorecidas (HABIS, 2004a).

⁴¹ Tradução livre do autor. Winter (2004). p.74.

⁴² Idem. p. 75

No que diz respeito aos aspectos da pré-fabricação de sistemas de cobertura em madeira, Pinheiro e Lahr (1997) explicam sobre o grau tecnológico, da racionalização e avaliação do consumo de madeira em estruturas de cobertura, e apresentam suas conclusões:

- É possível reduzir de modo significativo o consumo de madeiras em estruturas para cobertura, desde que haja elaboração de projetos e sua concepção seja racional. Dessa maneira, é possível obter para os elementos estruturais, seções transversais com dimensões compatíveis àquelas disponíveis comercialmente;
- Para as dimensões aqui determinadas, há possibilidade de construção de estruturas de coberturas para vãos teóricos entre 6 e 12 metros, utilizando-se espécies nativas ou de reflorestamento, desde que se enquadrem na classe de resistência igual ou superior a C25⁴³; e
- A avaliação dos espaçamentos entre estruturas, fundamentada no cálculo de terças, permite atingir valores superiores àqueles comumente empregados em construções dessa natureza.

Damiano e Sales (2004) apresentam estudos sobre a racionalização das construções em madeira, mais especificamente, tratam das estruturas de cobertura, como também das madeiras provenientes de florestas plantadas e das habitações de interesse social.

No texto a seguir, Damiano e Sales (2004) abordam a questão histórica cultural das técnicas construtivas de telhados de madeira que vem se perpetuando ao longo de séculos:

“A forma de se executar os telhados no Brasil segue costumes que permanecem inalterados por muito tempo. O que se encontra na pouca literatura, são especificações de como fazer telhado usando tesouras como se fazia no início do século passado, onde, dentre outras diferenças, as casas não tinham laje. E assim, as tesouras não podiam ser apoiadas, a não ser nas extremidades ou onde houvesse parede. Isso explica as bitolas exageradas que eram usadas. O comércio de madeira acostumou a trabalhar com essas bitolas, os carpinteiros acostumaram a especificar essas bitolas e o consumidor acostumou ao visual dessas bitolas. Eram poucas as espécies de madeiras conhecidas e utilizadas. As telhas de dois tipos apenas. Os carpinteiros eram mestres com técnicas vindas da Europa, cujas tradições de execução passavam de pai para filho”.

Com esse cenário pouco inovador, os sistemas de cobertura em madeira vem se desenvolvendo desde o início de nossa colonização alcançando os dias atuais, com pouca alteração em seu processo produtivo. Ainda que, nos últimos 40 anos, as indústrias do concreto e aço tenham passado pela modernização de seu processo de produção, a indústria da madeira voltada para a construção civil continua a sofrer com a falta de conhecimento (desconhecimento ou

⁴³ Grau de classificação de resistência de madeiras dicotiledôneas, umidade 12%, conforme a NBR 7190/97

esquecimento?) e, em muitos casos, com o preconceito ao seu uso. Muitos erros no desenvolvimento de projetos de coberturas e da execução da carpintaria de sistemas de cobertura em madeira são observados. Os principais motivos causadores das falhas no projeto e execução dessas coberturas e as patologias verificadas foram, segundo Damiano e Salles (2004):

- Desconhecimento da espécie de madeira de florestas plantadas utilizada, suas características físicas e mecânicas, suas limitações de uso e restrições ao ataque de fungos apodrecedores e insetos;
- Dimensionamento incorreto, não se levando em conta a necessidade de classificação das peças devido à heterogeneidade do fornecimento e incertezas da origem causando um sub-dimensionamento, gerando deformações patológicas posteriores;
- Ligações inadequadas entre elementos estruturais, em desacordo com as características da espécie utilizada;
- Concepção estrutural inadequada, gerando estruturas com a maioria dos elementos flexionados, ou com sobrecargas, provocando flechas excessivas.

Ainda Damiano e Sales (2004) explicam que essas deficiências são provocadas pela inexistência de um projeto executivo, elaborado por um profissional competente, e fazem com que número expressivo de coberturas apresente, num prazo relativamente curto, os seguintes problemas:

- Deformações, torções, fendilhamento provocados pela sobrecarga ou uso inadequado da espécie;
- Apodrecimento ou ataque de insetos nas peças estruturais e complementares;
- Deformações na estrutura provocadas por falha de dimensionamento das ligações estruturais, comprometendo o visual e, principalmente, tirando a principal função do telhado, que é a vedação às intempéries;
- Goteiras causadas pela deformação exagerada das peças fletidas, provocando locais de proliferação de fungos apodrecedores.

Esses mesmos autores informam sobre as principais patologias verificadas nas coberturas das habitações populares:

- Telhas de baixa qualidade, muito quebradiças quando úmidas e um percentual alto de empenadas;
- Madeira utilizada sempre verde, com grau de umidade elevado, causando problemas de deformações na secagem;

- Madeira desbitolada, com rachaduras, empenamentos, desquinamento e nós soltos. É comum encontrar peças já em estado de decomposição e atacadas por insetos, causando perda da área útil e deformações;
- Beirais deformados pelo uso de peças ruins ou por execução inadequada;
- Ripas deformadas, pois, devido à má qualidade das telhas, a umidade é sempre constante nas ripas que possuem pouca espessura, deformando.
- Terças descontínuas ou fletidas;
- Tesouras com perda de estabilidade e falta de contraventamentos.

Considerando a casa exemplificada em Damiano e Salles (2004), com área coberta de 56 m², inclinação da cobertura de 35%, utilização de madeira de *Pinus spp* tratada; volume de madeira utilizada de 0,9722 m³ e um índice de consumo relativo de 0,0174 m³/m², foram adotadas as chapas de dentes estampados como meio de ligação e o sistema de cobertura é o *tesoura caibro*. Dessa maneira, relacionam-se as seguintes vantagens do processo de produção da cobertura executada com *Pinus spp* tratado:

- Baixo consumo de madeira: 28% menos do que no sistema convencional⁴⁴ adotado normalmente com madeira nativa;
- Rapidez na execução, pois se elimina a trama de terça, caibro e ripa para uma só de ripa;
- Toma-se o partido da existência da laje na geometria das tesouras, eliminando-se as diagonais;
- O fato de utilizar a madeira de florestas plantadas, encomendando as peças diretamente das usinas de tratamento, é possível prever os cortes das peças e encomendar a madeira com o mínimo de perdas, pelas características racionais de trabalho que as usinas adotam. As peças são fornecidas numeradas e com bitolas mais precisas;
- As usinas de tratamento costumam oferecer garantias no tratamento de até 30 anos quando se utiliza *Pinus spp* e 20 anos no *Eucaliptus spp*;
- A obra toma um dimensionamento planejado, pois todas as etapas (desde o projeto, encomenda, fornecimento e canteiro de obras) obedecem a prazos e condições de gerenciamento predeterminado, o que garante o cronograma e a qualidade almejada; e
- A mão de obra não necessita ser especializada, diminuindo seu custo.

Assim como, outros setores da construção civil no Brasil saíram do atraso tecnológico em meados do século XX, o setor da madeira pode dar esse salto para ocupar o espaço que está à

⁴⁴ Em outra pesquisa, Damiano (2000) apresenta o indicador de 0,0025 m³/m² (metro cúbico de madeira consumida por metro quadrado de área coberta) como média de consumo de madeira para cobertura convencional

sua frente. A pré-fabricação de sistemas de cobertura em madeira pode ser o começo, dado que o país é seu grande consumidor nas construções de coberturas. Ainda, a pré-fabricação passa a ser aliada na obtenção de preços mais adequados, na melhoria da qualidade do produto, que passaria por um maior rigor no controle do processo de produção, e mesmo no atendimento das classes sociais historicamente menos favorecidas.

O setor da madeira envolvido com a construção civil, em todas as suas possibilidades de aplicações, existe, é grande, mas ainda não está organizado. Trabalham muito, mas de maneira desarticulada. A cadeia de produção focada na construção civil nos dá uma demonstração da grandeza e das possibilidades do setor; os atores do processo estão trabalhando por todo o país, mas de maneira desarticulada. Parece-nos que a principal questão do momento é como unir todos em torno de um objetivo comum? Certamente, a pré-fabricação dos sistemas de cobertura pode ser um aliado para racionalizar esse processo, diminuindo custos, melhorando a qualidade dos produtos e contribuindo para a articulação do setor.

2.9. Sistemas de cobertura em madeira empregados no Brasil

Nesta parte do trabalho, será desenvolvida conceituação de sistema na mesma linha dos sistemas construtivos, enquanto técnica construtiva aplicada aos materiais em métodos diferenciados (SABBATINI, 1989), e será replicada na conceituação dos sistemas de cobertura.

As coberturas têm como função principal a proteção das edificações contra a ação das intempéries atendendo às funções utilitárias, econômicas e estéticas. As coberturas das edificações são compostas por estruturas que se definem pela forma, observando as características de função e estilo arquitetônico dos projetos aos quais elas se destinam. Em síntese, as coberturas devem preencher as seguintes condições:

- a) Funções utilitárias: impermeabilidade, resistência estrutural, isolamento térmico e acústico;
- b) Funções econômicas: custo da solução adotada, durabilidade e facilidade de conservação dos componentes;
- c) Funções estéticas: forma e aspecto harmônico com a linha arquitetônica, dimensão dos elementos, textura e coloração.

Os sistemas construtivos se apresentam como técnicas construtivas classificando diferentes métodos, conforme definição citada no item 2.4. Da mesma forma, estas técnicas e métodos se replicam para algumas coberturas, por exemplo, o sistema entramado define uma técnica

construtiva para a cobertura – sistema tesoura-caibro - que se adapta ao seu sistema construtivo.

Porém, algumas técnicas construtivas não se encaixam perfeitamente em um determinado sistema de cobertura. Nesse caso cita-se o exemplo da tesoura, que tem como principal característica estrutural, distribuir sua carga sobre as paredes perimetrais da edificação, liberando vãos livres para a locação de paredes. Ela pode se adaptar a outros sistemas construtivos, mas não precisa ser empregada na edificação que tenha vários apoios intermediários; destacando-se que o sistema de cobertura não está sempre amarrado à escolha do sistema construtivo das outras partes da edificação.

Para a definição das coberturas, Cardoso (2000) e Sabbatini et al. (2003) apresentam uma classificação quanto à sua forma, em dois grupos⁴⁵: as coberturas que têm 'lajes de concreto' e as 'coberturas em telhados'. Embora bastante limitada, pois restringe diversos outros tipos de cobertura e materiais (curvas, naturais, entre outras tantas), esta definição tem seu valor pela classificação de suas partes constituintes e as enquadram em termos claros e precisos. Deixando de lado a classificação das lajes de concreto, pois não se trata do tema deste trabalho, classificam a cobertura em telhados de uma edificação em quatro partes constituintes, assim denominadas: primeira parte, o tipo de revestimento, também chamado de telhamento; segunda parte, a trama composta pelas ripas, caibros e terças; terceira parte, a estrutura de apoio que recebe as cargas da trama e distribui para as paredes ou sistema estrutural; e quarta parte constituinte, os componentes que fazem a captação das águas pluviais.

Damiano e Sales (2004) classificam a cobertura em apenas duas partes: os componentes da estrutura de sustentação e os componentes da vedação. Na primeira, incluem a trama e a estrutura de apoio, e, na segunda, o revestimento e o sistema de captação das águas pluviais. Em termos práticos, continuam a tratar a cobertura em quatro partes constituintes. Os tipos de sistemas de cobertura em madeiras mais comumente empregados no Brasil serão caracterizados neste trabalho quanto à sua função estrutural e construtiva, conforme a classificação citada por Cardoso (2000) e Sabbatini et al. (2003).

No texto a seguir, serão tratados os sistemas de cobertura mais empregados no Brasil e como são suas partes constituintes, conforme a classificação citada acima. As partes constituintes de 'revestimento' e 'captação das águas pluviais' são praticamente as mesmas em todos os sistemas de cobertura aqui tratados. Alguns componentes de acabamento da cobertura como as

⁴⁵ O autor entende que Sabbatini e Cardoso limitaram o subsistema quando o divide em apenas dois grupos, entretanto, adota as definições do grupo "coberturas em telhados" e suas partes constituintes, conforme citado no texto.

tabeiras e testeiras, serão classificados na quarta parte constituinte. Sendo assim, as partes constituintes da 'trama' e da 'estrutura de apoio' serão as mais analisadas e tratadas a seguir.

2.9.1. Sistema de cobertura em tesoura ou treliça

O sistema de cobertura em tesoura, ou treliça, é composto pelas partes constituintes: trama e estrutura de apoio. A parte constituinte da trama é representada pelas ripas, caibros e terças. As ripas recebem diretamente a carga do telhamento e a transmitem para os caibros; estes, espaçados entre 40 e 60 cm e com vãos médios de 1,50 m, se apoiam nas terças; as terças, paralelas à cumeeira, se apoiam diretamente sobre as treliças, ou tesouras, mais precisamente sobre seus nós. A parte constituinte da estrutura de apoio é composta pela tesoura, ou treliça. A quantidade de tesouras vai depender do tamanho e tipo de edificação. Numa edificação residencial, as tesouras podem estar espaçadas entre si de 2,5 m a 5,0 m, e vencem vãos de diferentes tamanhos, desde pequenos, de 5 metros, a vãos superiores a 12 metros. A tesoura se caracteriza por ter apenas dois apoios, um em cada extremidade, onde distribuem as cargas da cobertura sobre as paredes ou pilares, liberando o vão intermediário de paredes portantes.

Figura 5. Sistema de cobertura em tesoura (treliça). Corte transversal de cobertura em 2 águas. Fonte: autor

A treliça é uma forma estrutural que pode ser empregada em diferentes tipos de projeto, como pontes e como vigas de estruturas de grandes vãos; entretanto, neste trabalho será evidenciada sua aplicação em edificações residenciais. O exemplo mais comum de treliça é o da tesoura de 2 águas (**figura 5**); obrigatoriamente, tem os banzos inclinados. Suas principais vantagens se referem à forma geométrica, que escoar rapidamente as águas pluviais e a altura de sua parte central que favorece o efeito do momento fletor, aumentando sua resistência em vencer um

maior vão e suportar maiores cargas. Na mesma figura, podem ser observadas a nomenclatura dos diversos componentes da tesoura e a diversidade de nomes empregados pelo país afora.

Tesoura ou treliça? Numa abordagem estrutural apresentam a mesma conceituação, qual seja: conjunto de barras que trabalham a tração e compressão formando um desenho com relativa altura estática em relação ao vão a vencer, apresentando baixo peso do conjunto. Numa abordagem quanto à forma, pode-se dizer que uma tesoura pode ser uma treliça, mas nem sempre uma treliça pode ser uma tesoura. A tesoura está associada à forma triangular, mas nem sempre a treliça tem esta forma.

O conceito de treliça de madeira é idêntico ao de treliças de qualquer material. As diferenças básicas referem-se somente à concepção estrutural, devido às propriedades específicas do material madeira: anatomia, dimensões das peças, relação peso/resistência, etc. (GESUALDO, 2003, DIAS et al., 2005) Como exemplo, é citada a diferente resistência mecânica da madeira para esforços de tração e compressão. Sendo maior a resistência à tração ($f_c = 0,77 f_t$), há grande conveniência de se trabalhar apenas com barras tracionadas, eliminando-se também o problema de flambagem, comum a qualquer material. Ocorre, porém, que, apesar dessa vantagem, as barras comprimidas são inevitáveis numa treliça e, em contrapartida são mais fáceis de serem executadas nas conexões. As treliças são interessantes por sua maleabilidade quanto à forma e à disposição de barras, ou seja, consegue-se conceber estruturas com distribuição de barras e contorno externo apropriados para minorar os esforços nas barras.

Quanto à denominação de sistema de cobertura “convencional” para as coberturas em treliças, este significado perde bastante de seu sentido, pois as coberturas das edificações residenciais têm adotado mais comumente outro tipo de sistema estrutural para a estrutura de apoio (ver item *Sistema de cobertura pontaleado*). Porém, as treliças e tesouras ainda são bastante empregadas nas coberturas das edificações, não como sistema de cobertura, mas como sistema estrutural da estrutura de apoio.

Nos parágrafos seguintes, serão apresentados os diversos tipos de treliças e tesouras empregados como estrutura de apoio nas coberturas das edificações, sejam elas, residenciais, comerciais, ou com outras finalidades. Dependendo do tamanho do vão a ser vencido e do tipo de telhamento empregado, a trama sobre a estrutura de apoio muda radicalmente. Por exemplo, para a cobertura de um galpão com 12,0 m de largura e profundidade de 30,0 m, o mais comum é empregar um sistema de cobertura em treliça de 2 águas, sendo a estrutura de apoio com cinco treliças espaçadas entre si em 5,0 m (oitões no próprio material da vedação). Para a trama, nesse caso, empregam-se apenas terças que suportem o vão de 5,0 m, e o espaçamento entre

si é determinado pelo tipo de telhamento usado; foram suprimidos da trama as ripas e os caibros.

2.9.1.1. *Treliça Howe - também denominada tesoura com diagonais normais*

É o tipo mais comum de tesoura e o mais empregado para vencer vãos de pequena e média ordem, até 18 m. As barras recebem nomes especiais de acordo com sua posição na treliça, conforme citado na legenda da **figura 5**.

Esse tipo de tesoura apresenta para o carregamento principal (de cima para baixo), compressão nas diagonais e tração nos montantes. A relação mais conveniente para a distância entre banzos (h) no ponto central e vão livre (L) situa-se no intervalo $1/7 \leq h/L \leq 1/4$. (**figura 6**)

Figura 6. Tesoura do tipo Howe (diagonais normais)

2.9.1.2. *Treliça Pratt, ou tesoura com diagonais invertidas*

As tesouras com diagonais invertidas (tipo Pratt), em princípio, são convenientes para quaisquer vãos, pois têm a vantagem das peças comprimidas serem de comprimentos menores que as tracionadas (montantes comprimidos e diagonais tracionados), conforme indicado na **figura 7**. Porém, quando se trata de pequenos vãos, as seções transversais das barras são menores (mais leves), pois os esforços são menores, satisfazendo as peças simples, com arranjo do tipo empregado nas tesouras de diagonais normais (Tipo Howe). Então, quando as peças simples atendem aos esforços (pequenos vãos), as tesouras do tipo Howe são mais convenientes construtivamente e, portanto, são as recomendadas. A tesoura do tipo Pratt é recomendável para vãos maiores, compreendidos entre 18 e 30 m. A relação h/L deve estar no intervalo: $1/7 \leq h/L \leq 1/4$.

Figura 7. Tesoura do Tipo Pratt (diagonais invertidas)

2.9.1.3. Treliça Belga

É uma variante da treliça Pratt. Os montantes são posicionados perpendicularmente ao banzo superior. Com isso tem-se melhor distribuição de esforços entre montantes e diagonais pelas posições mais adequadas das mesmas, tendendo aos 45° em relação ao banzo inferior. (**figura 8**)

Figura 8. Treliça Belga

A colocação dos montantes perpendicularmente ao banzo superior facilita o apoio das terças. As dimensões da seção transversal para pré-dimensionamento são idênticas às da treliça Pratt. A relação h/L deve estar entre $1/8$ e $1/6$ e o vão L entre 18 m e 25 m.

2.9.1.4. Treliça Fink ou Polonceau

Também é uma variante da treliça Belga. Para vãos maiores, possui a conveniência de reduzir o comprimento das barras das diagonais e montantes mais centrais. São recomendadas para vãos entre 20 e 30 m. (**figura 9**) A relação h/L varia entre $1/5$ a $1/4$. As seções transversais são próximas às da treliça Belga.

Figura 9. Treliça do tipo Fink ou Polonceau

Nesse tipo de treliça, há inconvenientes quanto às ligações. Observa-se a existência de duas barras tracionadas (diagonais) convergindo para o mesmo ponto. Em geral, tais ligações de barras tracionadas exigem espaços maiores para distribuição de parafusos, ou cavilhas, usados como elementos de ligação. Salienta-se que as recomendações sobre as relações h/L referem-se à adequação dos comprimentos das barras de diagonais e montantes.

2.9.1.5. Treliça Bowstring

Essas estruturas têm a parte superior com o aspecto de arcos, embora o banzo inferior seja horizontal. (**figura 10**) A variação da inclinação do banzo superior ajusta-se a um eixo curvo,

normalmente parábola ou círculo, através de trechos retos. Essas estruturas são usadas para vãos entre 15m e 25m, com a relação h/L em torno de $1/6$.

Figura 10. Treliça do tipo Bowstring

A mudança de inclinação das barras do banzo superior favorece a distribuição dos esforços internos. Próximo aos apoios tem-se maior inclinação, adequada para absorver esforços de força cortante. Na parte central do vão, tem-se uma diminuição da inclinação e o aumento da distância entre banzos, próprios para combater momento das forças externas.

Apresenta como desvantagens, alguns problemas construtivos, por exemplo, a fixação telhas é dificultada nos pontos onde ocorre a mudança de inclinação. O número de ligações das peças do banzo superior também aumenta, acarretando maior mão de obra e maior consumo de material. Para vencer vãos maiores ($25\text{m} \leq L \leq 40\text{m}$), faz-se a distribuição das barras, de forma a diminuir os comprimentos das barras dos montantes e diagonais.

Como alternativa para resolver o problema da descontinuidade das barras do banzo superior, adota-se uma seção maciça e contínua com a curvatura adequada. Tem-se, portanto, uma estrutura mista formada por peças contínuas curvas e por barras retas, conforme indica a **figura 11**.

Figura 11. Treliça do tipo Bowstring com banzo superior em MLC (madeira laminada colada)

As características da distribuição das barras e a relação entre h/L são idênticas às apresentadas para o tipo anterior. É um tipo de treliça recomendável para vãos superiores a 25 m.

2.9.1.6. Treliça de banzos paralelos

São as chamadas vigas treliçadas ou vigas mestras dos telhados tipo Shed. Esse tipo de estrutura é usado nas coberturas com características especiais, que exigem obrigatoriamente o formato retangular (**figura 12**).

Em geral apresentam grandes flechas. As seções transversais são mais robustas que as das outras estruturas. O efeito de flexão nas barras, em geral, é bastante significativo. Recomenda-se bastante cuidado quanto à avaliação de esforços, de preferência deve ser calculada como pórtico.

Figura 12. *Treliça de banzos paralelos em 2 águas (conexões com chapa de dentes estampados)*

2.9.2. Sistema de cobertura pontaletado

O sistema de cobertura pontaletado diferencia do sistema de cobertura em treliça pela parte constituinte da estrutura de apoio. A parte constituinte da trama, como no sistema de tesoura, é representada pelas ripas, caibros e terças. A estrutura de apoio é composta pelos pontaletes (montantes) e seus travamentos. A quantidade de pontaletes vai depender do tamanho e tipo de edificação. Numa edificação residencial, eles assumem as mesmas posições onde, no sistema de cobertura em treliças, estariam as tesouras. A maior diferença do sistema de cobertura em pontaletes em relação às treliças está na distribuição das cargas da cobertura. Ao contrário das tesouras, que recebem as cargas da cobertura e se apoiam apenas nas extremidades, no sistema pontaletado a distribuição das cargas da cobertura se dá em diversos pontos, e, dessa forma, se torna obrigatório o uso da laje de cobertura, ou pelo menos um sistema de vigamento com pontos de descarga (colunas) dos pontaletes no encabeçamento das paredes do último pavimento. Esta última citação se encaixa nas lajes de cobertura pré-fabricadas, com o sistema de vigotas, lajotas e uma fina camada de concreto.

O sistema de cobertura pontaletado pode ser representado conforme ilustra a **figura 13**; nota-se que há uma diminuição na quantidade de componentes da estrutura de apoio. Sua principal vantagem, frente ao sistema de treliças, é a simplicidade construtiva na execução dos pontaletes.

Figura 13. Sistema de cobertura pontaletada. Exemplo de telhado em 2 águas. Fonte: autor

Grande parte das edificações residenciais brasileiras, hoje em dia, é construída com as lajes de cobertura, ou laje de forro. Dessa forma, não justifica empregar uma estrutura de apoio como a tesoura. As estruturas pontaletadas passam a ser empregadas em grandes quantidades, de tal maneira que assumem a posição de ‘cobertura convencional’ antes referenciada às tesouras. De qualquer maneira, a parte constituinte da trama continua inalterada e com os mesmos componentes: a ripa, o caibro e a terça.

2.9.3. Sistema de cobertura tesoura caibro

Sistema de cobertura pouco conhecido no Brasil, porém bastante difundido em outros países, caracteriza-se pela substituição de componentes convencionais da cobertura tradicional, como a terça e o caibro. Sua disposição na cobertura se assemelha à do componente caibro, porém seu desenho se assemelha mais à tesoura: daí a denominação de sistema tesoura-caibro. Seu emprego está associado ao sistema construtivo entramado (item 2.4.2).

Figura 14. Tesouras empregadas no sistema de cobertura tesoura-caibro. Fonte: autor

Na classificação quanto às suas partes constituintes, temos a seguinte ordem: a trama é formada apenas pelas ripas e a estrutura de apoio é composta pelas tesouras. A denominação tesoura-

caibro vem do fato de estas substituírem a função dos caibros, na trama convencional. A grande quantidade de tesouras, como estrutura de apoio, faz que a cobertura tenha grande resistência às cargas atuantes, permitindo que as edificações venham a ter vãos entre 6,0 e 12,0 metros, em média.

Figura 15. Exemplo de cobertura com “tesoura-caibro”

Fonte: Site Sistema Stella

Em virtude de não necessitar de apoio intermediário, o interior das edificações é mais flexível e a própria obra pode tornar-se uma área de trabalho para a construção das paredes internas, acabamento, etc. São vários os tipos possíveis de tesouras. A mais comumente usada é a do tipo “W” (treliça belga), apresentada nas **figuras 14 e 15**. As tesouras são geralmente projetadas para espaçamento de 60 cm entre si, fazendo que sejam usadas paredes com montantes obedecendo ao mesmo espaçamento, de modo que a cada tesoura corresponda um montante. Isso permite melhor transferência da carga para a fundação.

Tesouras do tipo Belga são as mais usadas para até 10,0 m de vão, geralmente são construídas com peças de 4 x 9 cm. A madeira deve ter, se possível, umidade inferior a 20%. O elemento de união das barras das tesouras pode ser a chapa de dentes estampados, conforme apresenta-se na **figura 15**.

CAPÍTULO 3 - Perguntas e estratégias de pesquisa, caracterização dos objetos empíricos e as cadeias de produção dos sistemas de cobertura

A literatura sobre sistemas de cobertura não aborda o tema da pré-fabricação com a importância que ele merece dada a relevância que o assunto representa para a construção civil. Quando se aprofunda a discussão (por exemplo, “a pré-fabricação de sistemas de cobertura com emprego de madeiras provenientes de florestas plantadas em situações com precariedades de infraestrutura”) as lacunas se tornam maiores. Em alguns temas específicos foram observadas ausências de debate numa perspectiva de formulação de políticas públicas; são eles: “a moradia em assentamentos rurais” o “aproveitamento dos recursos florestais regionais para a construção de moradias e/ou de seus sistemas⁴⁶”, “a pré-fabricação de moradias e/ou de seus sistemas”, “a pré-fabricação de coberturas em situações de precariedade de infraestrutura”, dentre outros. Dado que este trabalho de pesquisa se insere no Projeto Inovarural⁴⁷, a parte específica da moradia aqui abordada será a cobertura, uma vez que outras pesquisas, dentro deste mesmo projeto, abordam outros aspectos dessa mesma moradia.

O deficit habitacional brasileiro e a carência de políticas públicas voltadas à população residente no meio rural se agravam quando comparados com as políticas públicas direcionadas às áreas urbanas, potencializando as dificuldades para a ação do Estado, à sua fragmentação e nas tentativas de fortalecer as unidades locais para o pleno exercício da cidadania, e apontam algumas lacunas quanto à forma com que os municípios, principalmente aqueles considerados pequenos, têm atendido às suas próprias demandas na formulação de políticas públicas democráticas (SILVA, 2005).

O objetivo deste capítulo é identificar as lacunas relacionadas acima com o instrumento de formulação de perguntas de pesquisa, que, por sua vez, nos direcionam para as hipóteses de pesquisa e, conseqüentemente, para os objetivos da pesquisa. Ainda na mesma sequência são apresentadas a estratégia da pesquisa e a descrição do método de coleta utilizado. O objeto

⁴⁶ “Sistemas” de uma moradia é compreendido, como o citado na norma NB 15.575/2010, em 5 partes: sistema estrutural, sistema dos pisos internos, sistema de fachadas e paredes internas, sistema de cobertura e sistema hidrossanitário.

⁴⁷ Projeto Inovarural – pesquisa desenvolvida pelo Grupo Habis – EESC/USP e UFSCar. “Habitação Rural com Inovação no Processo, na Gestão e no Produto: participação, geração de renda e sistemas construtivos com recursos locais e renováveis”. 2002 - 2006

empírico se concentra em dois assentamentos rurais do estado de São Paulo: Pirituba II, a Sudoeste, nos municípios de Itapeva e Itararé; e Sepé Tiaraju, a Noroeste, nos municípios de Serrana e Serra Azul. Esses estudos seguem a proposta de decomposição apresentada por Batalha (1997) e adaptada por Yuba (2005) quando a 'cadeia' é apresentada como 'processo' seguido do encadeamento de operações técnicas.

3.1. Perguntas, hipóteses e objetivos da pesquisa

A identificação de lacunas de conhecimento, através da revisão da literatura, da observação da realidade e das experiências desenvolvidas nos assentamentos rurais de Pirituba II e Sepé Tiaraju, permitiu lançar-se na pergunta principal da pesquisa e, por conseguinte, na apresentação das hipóteses e objetivos desta pesquisa, conforme o **quadro 5**.

O **quadro 5** representa a estrutura de decomposição da pesquisa em pergunta, hipótese e objetivo. Na decomposição da pergunta principal de pesquisa, temos as perguntas intermediárias. Sobre a pergunta principal, faz-se a hipótese principal de pesquisa, que por sua vez se decompõe, também, em hipóteses intermediárias. A hipótese principal nos remete ao objetivo principal da pesquisa, que, como nos casos anteriores, se decompõe em objetivos secundários que resultam em confirmações das hipóteses de pesquisa.

A principal lacuna de conhecimento verificada, conforme visto na literatura, diz respeito à ausência de pré-fabricação de sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas para a produção habitacional em assentamentos rurais. Essa lacuna possibilitou a pergunta principal da pesquisa que questiona quais as condições necessárias para viabilizar a pré-fabricação de sistemas de cobertura que empregam madeira de florestas plantadas para serem utilizadas em situações de precariedades (de infraestrutura, de conhecimento, de recursos, entre outras) como nos casos dos 2 assentamentos rurais estudados: Pirituba II e Sepé Tiaraju.

A decomposição da pergunta principal, citada acima, deriva as três perguntas intermediárias:

1. Quais os tipos de custos devem ser considerados para a pré-fabricação de sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas nos 2 assentamentos rurais?
2. Quais as condições necessárias para garantir qualidade aos sistemas de cobertura pré-fabricadas com madeiras de florestas plantadas nos 2 assentamentos rurais?
3. Quais adversidades inerentes ao contexto foram contornadas para pré-fabricar sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas nos dois assentamentos rurais?

Quadro 5 – Pergunta, hipótese e objetivo de pesquisa

A pergunta principal de pesquisa nos remete a hipótese principal: a pré-fabricação de sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas para a produção habitacional em assentamentos rurais proporciona ganho de qualidade e redução de custos. Apesar da força do

termo 'pré-fabricação' estar muitas vezes associado à 'industrialização' e, na sua sequência, aos altos custos iniciais, observa-se que nas propostas para os dois assentamentos esses valores não chegam a ser os maiores inconvenientes à sua implantação. Todavia, as variáveis relacionadas ao custo permeiam grande parte das hipóteses de pesquisa. As outras hipóteses estão relacionadas às adversidades do meio rural e ao ganho de qualidade dos sistemas de cobertura, mesmo em se tratando de moradia para populações de baixa renda e em meio escasso de recursos.

As hipóteses intermediárias propostas foram:

1. A pré-fabricação permite redução de custos com a infraestrutura, materiais e mão de obra na confecção de sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas para assentamentos rurais;
2. A pré-fabricação permite ganhos de qualidade na confecção dos sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas para assentamentos rurais; e,
3. O processo de pré-fabricação permite contornar as adversidades fornecidas pelo contexto dos assentamentos rurais na confecção dos sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas.

Por último, o objetivo principal da pesquisa é: identificar quais as condições necessárias para viabilizar a pré-fabricação de sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas nos assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju.

Para alcançar o objetivo principal de pesquisa, foram definidos os seguintes objetivos secundários:

1. Identificar as variáveis que permitem a redução dos custos para a pré-fabricação de sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas nos 2 assentamentos rurais;
2. Identificar quais as condições necessárias do processo de pré-fabricação garantem a qualidade dos sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas nos dois assentamentos rurais;
3. Identificar quais adversidades devem ser contornadas no processo de pré-fabricação de sistemas de coberturas pré-fabricadas com madeiras de florestas plantadas nos 2 assentamentos rurais.

Para atingir os objetivos da pesquisa, foram estudados os assentamentos rurais de Pirituba II, no município de Itapeva e Itaberá, e Sepé Tiaraju, no município de Serrana e Serra Azul, ambos no

estado de São Paulo, como objeto empírico, onde foram buscadas as evidências para a comprovação da hipótese principal da pesquisa.

3.2. Estratégia de pesquisa e método para a coleta de dados

A estratégia da pesquisa para a verificação das hipóteses foi o estudo de dois casos de sistemas de cobertura pré-fabricada com madeira de floresta plantada empregada em 2 assentamentos rurais - objetos empíricos : Assentamento Rural Pirituba II e Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

A pesquisa sobre os sistemas de cobertura pré-fabricada iniciou em 2005 quando estava em andamento o Projeto Inovarural no Assentamento Rural Pirituba II. Das 49 famílias que foram atendidas pelo projeto, 42 escolheram a construção de moradias novas e 7 famílias preferiram reformar suas casas. Das 42 famílias que optaram pela construção de novas moradias, 35 adotaram o sistema de cobertura pré-fabricada VLP (vigas laminadas pregadas) e 6 escolheram o sistema de cobertura convencional. Uma única família abandonou o projeto, atrasando a construção de sua casa⁴⁸.

Em 2006, foram iniciados os primeiros contatos para construção de moradias no Assentamento Rural Sepé Tiaraju, situado geograficamente em oposição à Pirituba II, na região norte do estado de São Paulo. Dessa vez, estavam sendo atendidas 77 famílias, sendo 67 com projeto de arquitetura semelhantes ao das 42 famílias que optaram por uma moradia nova em Pirituba II. Outras 10 famílias do Sepé Tiaraju foram atendidas com um projeto arquitetônico alternativo, além de empregarem o revestimento das paredes em adobe⁴⁹. Para a cobertura das casas do Sepé, foi proposto o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Pela semelhança geométrica e arquitetônica com o projeto de Pirituba, são consideradas neste trabalho as 67 coberturas do Sepé Tiaraju que empregaram o sistema de cobertura pré-fabricada.

Desta maneira, 102 casas (35 do sistema VLP e 67 do sistema painel pré-fabricado) dos dois assentamentos fazem parte dos dois estudos de casos dessa pesquisa, quais sejam: o sistema de cobertura VLP e o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. No projeto de Pirituba II, as casas contam com varandas, o que as diferencia em relação às do Sepé Tiaraju; além da maior área coberta, conta com as diferenças dos sistemas de cobertura adotados.

⁴⁸ Mais tarde, quando retomou ao projeto, fez uma construção rápida empregando o sistema convencional, mas alterando o projeto de arquitetura.

⁴⁹ De início todos os participantes do Grupo Alternativo empregariam o adobe. Ao final, apenas 3 o adotaram.

A pesquisa dos sistemas de cobertura é, portanto, o estudo de dois casos, que, segundo Yin (2001), é uma investigação empírica sobre fenômenos contemporâneos dentro de um contexto da vida real, onde o fenômeno estudado e o contexto não possuem limites definidos.

A pesquisa foi desenvolvida utilizando-se o método de pesquisa-ação, que segundo Thiollent (1986) é “pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

Os dados para a pesquisa foram coletados ao longo do desenvolvimento dos projetos e do processo de produção dos sistemas de cobertura pré-fabricados, simultaneamente com a intervenção nos Assentamentos Rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju.

No primeiro, nos anos de 2005 e 2006; no segundo, nos anos de 2007 e 2008, quando os sistemas de coberturas foram produzidos.

Foram adotados os seguintes procedimentos para a coleta dos dados:

- Revisão da literatura para identificação de lacunas de pesquisa;
- Identificação do tipo de informação e das classes de variáveis e variáveis;
- Definição das fontes de evidência para a coleta de dados;
- Instrumentos e procedimentos para a coleta de dados; e
- Definição dos recursos necessários.

A coleta de dados se deu simultaneamente à ação e à leitura das seguintes fontes de dados: relatos de reuniões individuais e de outros participantes do Grupo Habis, relatos individuais no caderno do pesquisador, dados do desenvolvimento do projeto, informações de notas fiscais e listas de orçamentos dos fornecedores, registros fotográficos e de vídeos, planilhas de coletas preenchidas pelos moradores, pesquisadores e fornecedores; além de pesquisa bibliográfica realizada em bibliotecas e sites da internet.

O **quadro 6** apresenta, segundo as hipóteses intermediárias, as variáveis identificadas com as respectivas fontes de evidências, instrumento de coleta e os recursos necessários para viabilizar a pesquisa-ação nos dois objetos empíricos. O tipo de planilha adotado para a coleta de dados em campo será apresentado ao longo do desenvolvimento do projeto e do processo de produção dos sistemas de cobertura.

Quadro 6 – Planejamento de coleta de dados segundo as hipóteses intermediárias para os sistemas de cobertura pré-fabricada

Hipótese Principal	Hipóteses Intermediárias	Tipo de informação (variáveis)	Fontes de evidência (base para coleta de dados)	Instrumentos e procedimentos de coleta	Recursos necessários
A viabilidade da pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais empregando madeiras de florestas plantadas está atrelada ao atendimento das condições relacionadas aos custos de implantação do processo e do produto, à manutenção da qualidade do produto e à capacidade de contornar as adversidades inerentes aos assentamentos rurais.	Os custos de infraestrutura, dos materiais e da mão de obra interferem na proposição de sistemas de cobertura com madeiras de florestas plantadas nos 2 assentamentos rurais.	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de implantação da infraestrutura (local de produção, máquinas, ferramentas e materiais, energia, água, comunicação e acessibilidade); • Custos com a qualificação da mão de obra (capacitação de marceneiros e contratação de líder marceneiro); • Custos com a aquisição da matéria-prima (seleção de fornecedor, contrato, aquisição, transporte, descarga e armazenamento); • Custos com a aquisição das máquinas, equipamentos e ferramentas; • Indicadores de produção (tempo de produção e produtividade). • 	<p>Observação direta e registros do pesquisador e do grupo de pesquisa na ação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fornecedores dos materiais diversos para o processo de produção; • Dados levantados junto às famílias dos assentamentos; • Dados levantados no local de produção (marcenarias e canteiros de obras); • Dados levantados do longo do desenvolvimento do projeto; • Dados levantados pelo Grupo Habis (diversos pesquisadores); • 	<p>Instrumentos de coleta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anotações gerais da produção dos participantes na marcenaria e no canteiro; • Notas fiscais de aquisição dos materiais; • Anotações do caderno do pesquisador e de outros pesquisadores do Grupo Habis; • Fotografias do local de produção (marcenaria e canteiro), gerais dos 2 assentamentos, dos fornecedores, dos parceiros e outras relevantes ao processo; • Dados da literatura relacionada ao tema. • 	<ul style="list-style-type: none"> • Para transporte entre São Carlos e assentamentos; • Para custear estadia (pernoite e alimentação); • Tempo para: desenvolvimento dos sistemas; aquisição, montagem e ensaios • Tempo de coleta e análise dos dados; • Para acessar documentos em bibliotecas e na internet; • Para equipamentos de registro fotográfico e impressão de arquivos; • Para produção de protótipos e ensaios
	Os 2 assentamentos rurais apresentam condições específicas para a manutenção da qualidade dos sistemas de cobertura pré-fabricadas com madeiras de florestas plantadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Grau de qualidade do sistema de cobertura e dos materiais empregados; • Grau de manutenibilidade do sistema de cobertura e dos materiais empregados. 	<p>Documentos escritos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teses, dissertações, monografias, bibliografias, reportagens e artigos relacionados com o tema; • Registro de reuniões (Habis); • Relatórios de pesquisa (Habis). • 	<p>Procedimento de coleta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anotações espontâneas durante o processo de produção; • Análise da literatura geral e específica; • Análise da documentação existente (anotações do pesquisador e Grupo Habis); • 	
	As adversidades dos 2 assentamentos rurais determinaram um caminho próprio para a proposição de sistemas de cobertura pré-fabricadas com madeiras de floresta plantada.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de capacitação da mão de obra para o processo de produção da casa (cobertura); • Distâncias entre fornecedor, produtor (família), local de produção, assessoria e parceiros; • Comunicação geral entre fornecedor, famílias, assessoria e parceiros; • Instabilidades climáticas e conciliação com o meio de vida rural (sazonalidade das lavouras e forma de produção); • Rendimento das famílias: valor e constância; • Políticas públicas para moradia no meio rural. • 			

3.3. Localização dos objetos empíricos

Os dois estudos de casos se localizam em assentamentos rurais, aqui denominados objetos empíricos, distribuídos no estado de São Paulo, conforme pode ser observado na **figura 16**. O primeiro, o Assentamento Rural Pirituba II, se localiza próximo à fronteira com o estado do Paraná, a sudoeste do estado, a aproximadamente 400 km de São Carlos. Pirituba II está em área dos municípios de Itapeva e Itararé, que pertence à Região Administrativa de Sorocaba. O segundo, o Assentamento Rural Sepé Tiarajú, se localiza na região norte do estado de São Paulo, próximo à fronteira com Minas Gerais, a 135 km de São Carlos; está em área dos municípios de Serrana e Serra Azul, que pertence à Região Administrativa de Ribeirão Preto. Ambos os assentamentos são cortados por rodovias estaduais possibilitando acesso rápido e seguro.

Figura 16 - Mapa do estado de São Paulo com principais cidades e localização dos dois assentamentos.
Fonte: Mapa DER-SP, 2005

A região sudoeste do estado de São Paulo se caracteriza por receber as maiores superfícies de florestas plantadas – principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. A maior parte desta superfície florestal pertence ao ITESP. Com menores áreas plantadas, mas igualmente significativa, a iniciativa privada explora essas florestas para a produção de energia (carvão vegetal) e celulose e papel. As duas últimas não contam com indústrias instaladas nas cidades da região. Uma outra parte das toras retiradas dessas florestas abastece as serrarias que estão instaladas em Itapeva e cidades do entorno. É uma região com vocação agroflorestal, apesar de contar com outros tipos de lavoura menos extensiva que as florestas plantadas. A Rodovia Francisco Alves Negrão, SP 258, corta o assentamento e possibilita a ligação com as principais cidades da região, inclusive ao estado do Paraná.

Na região de Ribeirão Preto, norte do estado, encontram-se os maiores plantios de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. Muitas usinas produtoras de álcool e açúcar se encontram no

entorno das cidades dessa região. As rodovias servem a região com grande acessibilidade. A principal rodovia a servir o assentamento é a SPP 333 – Abraão Assed – que liga os municípios de Serrana e Serra Azul a Ribeirão Preto.

3.3.1. O Assentamento Rural Pirituba II e os projetos das casas

O Assentamento Rural Pirituba II ocupa uma área de 17.500 ha distribuída nos municípios de Itapeva e Itararé, sudoeste do estado de São Paulo. Formado em 1984, sua história é marcada por vários conflitos pela posse das terras públicas que até aquele momento eram cedidas pelo governo estadual a empresas estrangeiras. Nesse período, as famílias que lutaram pela ocupação dessas terras foram incluídas no projeto Plano de Valorização de Terras Públicas (PVTP) do governo Franco Montoro, e a então Fazenda Pirituba foi transformada no Assentamento Rural Pirituba II. Esse assentamento é formado pelas Áreas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 e suas respectivas agrovilas. Na agrovila, cada família recebe um lote de 5.000 m² além da área para lavoura de 16 ha. A agrovila da Área 1 - a mais estruturada do Assentamento Rural Pirituba II – conta com duas escolas de ensino fundamental e médio, quadra esportiva coberta, campo de futebol, igrejas, posto de saúde, galpões para recebimento e estocagem de produção local, laticínio, armazéns e diversos pontos comerciais (bar, restaurante, mercearia, padaria, lanchonete, dentre outros).

Figura 17 – Detalhe do Assentamento Rural Pirituba I e suas Áreas 1, 4 e Pastão, no município de Itapeva. Fonte: GoogleMaps, 2010 e arquivos Grupo Habis

Na **figura 17**, pode-se observar a localização da Marcenaria Coletiva Madeirarte, fornecedora dos componentes de cobertura das casas do Projeto Inovarural; nota-se sua distância em

relação às agrovilas das Áreas 1, 4 e Pastão. O Pastão, embora pertencente à Área 1, tem as casas das famílias junto ao terreno de produção, não se caracterizando como agrovila.

O Projeto Inovarural trabalhou com as famílias das Áreas 1 e 4, onde foram atendidas as 49 famílias, sendo 42 com casas novas e 7 com casas reformadas. As duas áreas são cortadas pela rodovia estadual pavimentada, a SP 267 - do trevo da rodovia Itapeva-Itararé (SP 258) a Bom Sucesso de Itararé. Na Área 4, localizada próxima à SP 258 (rodovia Itapeva-Itararé), foram atendidas 12 famílias, sendo 3 com moradias reformadas e 9 com moradias novas, conforme pode ser observado na **figura 18**.

Figura 18 – Agrovila Área 4 do Assentamento Rural Pirituba II com localização dos lotes participantes do Projeto Inovarural. Fonte: Grupo Habis

Na Área 1, localizada um pouco mais afastada da rodovia SP 258 (6,0 km) e em direção a Bom Sucesso de Itararé, foram atendidas as outras 37 famílias, sendo 4 com moradias reformadas e 33 com moradias novas (**figura 19**). 5 famílias estão com seus lotes na área conhecida como *Pastão*, pertencente à Área 1, mas deslocados em até 4 km da Agrovila da Área 1.

No que diz respeito à prestação de serviços públicos no Assentamento Rural Pirituba II, ele é servido integralmente por rede elétrica. A água é captada em alguns pontos do assentamento e distribuída por rede interna. As famílias mais isoladas da Área 1 contam com captação independente. Uma rede de telefonia passa ao longo da rodovia SP 267 servindo as duas áreas e instalando alguns pontos de telefone público (orelhão). Geralmente, os pontos comerciais contam com telefonia fixa. Antenas de telefonia móvel estão localizadas próximo à escola da

Área 1, possibilitando às famílias o acesso a esse meio de comunicação. Em relação ao tratamento dos esgotos, eles foram contemplados após a finalização das 49 casas do Projeto Inovarural, onde foram implementados o sistema fossa e sumidouro em cada lote. As demais casas têm o sistema sumidouro e em muitas continua com o esgoto a céu aberto.

Figura 19 – Área 1 do Assentamento Rural Pirituba II com localização dos lotes participantes do Projeto Inovarural
Fonte: Grupo Habis

No processo de discussão do projeto das casas, inicialmente 80 famílias participaram das assembleias juntamente com as lideranças dos grupos formados, dos pesquisadores do Grupo Habis, dos técnicos do ITESP e de outras lideranças convidadas pelas próprias famílias. Este grupo, atuando junto aos agentes públicos, conseguiu a liberação de um financiamento dentro do Programa PSH, em sua primeira portaria, sendo distribuído da seguinte maneira: R\$4.500,00 recursos subsidiados do Ministério da Cidade e outros R\$5.000,00 financiados pelo INCRA, a serem pagos em parcelas anuais durante seis anos e com descontos de 50% para aqueles que pagassem em dia. Das 80 famílias que iniciaram o processo de discussão, 49 assinaram o

contrato com a CAIXA e o INCRA. Essas 49 famílias denominadas Grupo das Casas contava com a assessoria técnica do Grupo de pesquisa Habis da EESC/USP e UFSCar (Shimbo L., 2004).

Conforme Shimbo L. (2004), o projeto arquitetônico das casas do Projeto Inovarural foi amplamente discutido entre assessoria e famílias e, ao final do processo, dois modelos de plantas baixas foram encaminhados ao programa de financiamento para construção.

O modelo 3QBD (3 quartos com banheiro dentro), conforme pode ser visto na **figura 20**, tem 3 quartos alinhados em um lado da casa. No outro lado, tem-se a sala e cozinha com banheiro entre ambas. Estendendo-se por toda a frente da casa, fica a varanda. A linha tracejada ao redor da casa representa a projeção da cobertura com beiral de 70 cm nas laterais e 90 cm nos beirais frontal e posterior. Mesmo sem representação explícita, podem ser observados os 6 módulos de 2,70 x 3,60 m do projeto arquitetônico. A varanda é composta por 3 meios módulos de 1,80x x 2,70 m.

Figura 20 – Planta baixa da casa de 3 quartos com banheiro dentro – modelo 3QBD. Área construída (área externa de paredes mais a área da varanda) = 75,49 m². Fonte: adaptado de Habis (2004)

A casa do modelo 3QBF (3 quartos com o banheiro fora), apresentado na **figura 21**, tem os mesmos 3 quartos alinhados em um lado da casa. No outro lado, ficam sala e cozinha com banheiro tomando parte da área da varanda. Do mesmo modo que no desenho anterior, podem ser observados a linha tracejada de projeção da cobertura e os 6 módulos internos de 2,70 x 3,60 m, e os 3 meios módulos da varanda de 1,80 x 2,70 m.

Figura 21 – Planta baixa da casa com 3 quartos e banheiro fora – modelo 3QBF. Área construída (área externa das paredes mais a área da varanda) = 75,49 m². Fonte: adaptado de Habis (2004)

No modelo 3QBF, a varanda se estende na frente da sala e em parte da cozinha. Apesar do nome ‘banheiro fora’ o seu acesso é por dentro da casa (cozinha). Essa denominação foi adotada para diferenciar os dois modelos, uma vez que o banheiro se projetava para fora da área retangular interna do modelo 3QBD.

Sendo assim, o modelo 3QBF tem uma área interna um pouco maior que o modelo 3QBD. A área que se ganha internamente é perdida com a varanda um pouco menor. Esse ganho de área interna é transferido para a cozinha, que apresenta um comprimento de 5,40 m e largura de 3,60 m (pelas medidas de eixo das paredes).

Apesar das diferenças de planta baixa entre os dois modelos de casa de Pirituba II, a superfície coberta final é idêntica, mantendo, além dos dois planos inclinados com inclinação de 30%, os mesmos componentes do sistema de cobertura VLP. A cumeeira da casa se estende longitudinalmente sobre a linha que divide os 3 quartos de um lado, e sala, cozinha e banheiro, do outro. Ao todo, foram construídas 42 novas casas com os dois modelos (3QBD e 3QBF). Dessas, 35 empregaram o sistema de cobertura VLP, as demais⁵⁰ empregaram o sistema de cobertura convencional (ripa, caibro e terço).

⁵⁰ 7 famílias: Viola, Servino e Israel da Área IV; Ademir (Pastão), Valdeci (Pastão), Zé Froes e Zé Roque da Área I.

3.3.2. O Assentamento Rural Sepé Tiaraju e os projetos das casas

Em 2000, um grupo de famílias orientado pelo MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra) ocupa a antiga Fazenda Santa Clara, entre os municípios de Serrana e Serra Azul. Ela pertencia a uma usina que contraiu muitas dívidas com o estado de São Paulo e, como forma de sanar suas contas, transferiu a área para o Governo Estadual. A ocupação da área pelas famílias acontece no dia 17 de abril de 2000, surgindo assim o Acampamento Sepé Tiaraju. Após mais de quatro anos de luta, o INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) compra do Governo Estadual a área da fazenda Santa Clara iniciando o processo de reforma agrária na região e o planejamento do Assentamento Rural Sepé Tiaraju com a proposta de assentar 70 famílias (INCRA, 2006).

Para o INCRA, tal aquisição somente se justificou devido à forte necessidade de preservação ambiental da área. A região de Ribeirão Preto é ponto de afloramento e recarga do Aquífero Guarani – um dos maiores reservatórios subterrâneos naturais de água potável do mundo. Para tal, o INCRA buscou um modelo de assentamento no país que combinasse defesa ambiental, manejo sustentável e questão social. Foi aí que surgiu a perspectiva de implantar o primeiro PDS (Projeto de Desenvolvimento Sustentável) do Estado de São Paulo, baseado nas experiências de assentamentos dos estados do Pará e do Acre. (INCRA, 2006)

A formação do Assentamento Rural Sepé Tiaraju aconteceu a partir do sorteio das famílias em grupos e da organização nucleada do acampamento, constituída por três núcleos (Núcleo Zumbi dos Palmares, Núcleo Chico Mendes e Núcleo Dandara). Encaminhou-se a criação de um quarto núcleo: o Paulo Freire, e, conforme a discussão coletiva avançava, as famílias poderiam trocar de núcleo de acordo com a afinidade que tivessem entre si, por identificação cultural, afetiva ou por adesão ao projeto que se pensa para o núcleo (INCRA, 2006).

O projeto do PDS é uma proposta de assentamento baseado em aspectos onde as famílias devem obedecer a critérios de envolvimento na defesa do meio ambiente e projetos a ele relacionados por meio de uma entidade jurídica segundo o qual o uso da terra é uma concessão coletiva associada com o desenvolvimento de práticas agroecológicas.

Na intenção de formação de núcleos e de acordo com o perfil das famílias e de sua quantidade, cada núcleo foi formado com aproximadamente 20 famílias em um lote de 3,6 ha, estabelecendo aí a moradia e demais atividades correlatas à produção individual. Cada núcleo contava também com sua área comum de 3,0 ha para a prática de atividades sociais e 60 ha para a produção coletiva de cada núcleo. Essa conformação nucleada pode ser observada na **figura 22**, onde

estão localizados os 4 núcleos do Assentamento Rural Sepé Tiaraju e a rodovia Abraão Assed (SP 333) cortando toda a área. Um viaduto rodoviário passando sobre a antiga ferrovia permite a ligação, sem interrupções, de todo o assentamento. Ao todo, o assentamento conta com 80 lotes distribuídos nos 4 núcleos.

Figura 22 – Localização dos Núcleos e lotes do Assentamento Rural Sepé Tiaraju. Fonte: Grupo Habis

O Assentamento Rural Sepé Tiaraju não adquire a configuração de agrovila, como em Pirituba II, com um lote para a moradia e outra área para a lavoura. Além do que, a localização das casas no lote se dá de maneira bastante irregular, muitas vezes até mesmo afastada da rua de acesso. Ainda na **figura 22**, observa-se a marcenaria da Escola, onde foram produzidos os componentes para a cobertura das casas. Diferentemente de Pirituba II, a distância desta para as casas não foi um problema, variando de 100 a até 2800 metros.

O desenvolvimento do projeto arquitetônico das casas do Sepé Tiaraju seguiu o mesmo processo aplicado pelo Projeto Inovarural⁵¹ em Pirituba II, conforme explicado por Shimbo L. (2004) adotando o processo participativo, segundo o qual as famílias têm o poder de decidir

⁵¹ Ambos projetos foram assessorados pelo Grupo Habis – grupo de pesquisa em habitação e sustentabilidade. EESC/USP e UFSCar

sobre o projeto de suas casas, das escolhas, aquisições e distribuições dos materiais e da organização para a produção e montagem da obra de sua moradia.

O processo de desenvolvimento e escolha dos projetos de arquitetura das casas se deu por meio de reuniões em cada núcleo do Sepé Tiaraju e contou com a participação de 77 famílias, do total de 80 lotes – 3 famílias não participaram do projeto de construção de suas casas com financiamento CAIXA e assessoria técnica do Grupo Habis. Em seguida, essas decisões foram encaminhadas para uma assembleia geral, onde as famílias optaram por 3 tipos de plantas baixas e, basicamente, por dois tipos de materiais de revestimento das paredes estruturais – o adobe e a alvenaria de blocos cerâmicos aparentes. A casa de adobe estrutural foi escolhida por um grupo de 10 famílias que se autodenominou “Grupo Alternativo” – a planta baixa foi chamada de casa modelo 3QA, ou seja, 3 quartos adobe. As demais 67 famílias optaram pela construção de suas casas com o revestimento de paredes empregando o bloco cerâmico aparente e autoportante (sem a necessidade de outra estrutura para sustentar a cobertura).

Para o grupo de 67 famílias, ainda foram propostos 2 tipos de planta baixa; uma primeira com 2 quartos e uma segunda com 3 quartos. As duas casas têm a mesma área construída e, conseqüentemente, têm a mesma área do plano inclinado da cobertura de duas águas.

Figura 23. Planta baixa da casa de 2 quartos com blocos cerâmicos – modelo 2QC. Área construída (área externa das paredes) = 60,64 m² Fonte: Desenho Ivan do Valle

Numa explicação geométrica das duas casas, adota-se a linha de cumeeira como divisor de dois lados da planta baixa: em um lado, estão a sala e a cozinha e no outro lado, os quartos. Na casa de 2 quartos, conforme pode ser observado na **figura 23**, agrega-se o ambiente da

despensa ao lado de um dos quartos e situa-se o banheiro entre os dois quartos. No outro lado da casa, localizam-se a cozinha e a sala. Neste caso, a cozinha é o maior ambiente da casa, com dois módulos de 2,70 m, ou seja, 5,40 m de comprimento por 3,60 m de largura. O projeto é denominado de casa modelo 2QC, ou 2 quartos cerâmico.

A casa de 3 quartos, conforme se observa na **figura 24**, apresenta os 3 quartos alinhados em um único lado da casa. No outro lado, estão a cozinha, a sala e o banheiro. A planta, por desejo das famílias, não contará com a despensa. Optando por um quarto adicional e com a diminuição da cozinha, mesmo assim, esta última ficou como o maior ambiente da casa, com 4,05 m de comprimento por 3,6 m de largura. Esse modelo de planta baixa é denominado de 3QC, ou 3 quartos cerâmico.

Figura 24. Planta baixa da casa de 3 quartos com blocos cerâmicos – modelo 3QC. Área construída (área externa das paredes) = 60,64 m² Fonte: Desenho Ivan do Valle

Em ambos os projetos, modelos 2QC e 3QC, a cobertura é configurada por dois planos inclinados de 30% de medidas iguais, ou seja, 4,70 m no sentido do caimento e 9,90 m no sentido da cumeeira (medidas em verdadeira grandeza), perfazendo 93,06 m² de área coberta. Os beirais da cobertura, tanto os laterais como os frontais, medem 90 cm.

Tanto as 67 casas do modelo 2QC e 3QC como as 10 casas do modelo 3QA empregaram o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, porém os dois planos inclinados da cobertura da casa 3QA apresentam medidas bem diferentes das casas 3QC e 2QC, o que, forçosamente, levou ao desenvolvimento de painéis pré-fabricados com medidas diferentes. Para efeito de

comparação com os dados das coberturas das casas de Pirituba II e pela semelhança geométrica e arquitetônica da planta baixa, apenas o sistema de cobertura, aplicado nas 67 casas (3QC e 2QC) do Sepé Tiaraju, foi descrito neste trabalho.

3.4. Cadeia de produção dos dois sistemas de coberturas

Os estudos da cadeia de produção do sistema de cobertura seguem a proposta de decomposição da *Cadeia de Produção de Habitação de Madeira de Florestas plantadas* (BATALHA, 1997) em “processos”, seguindo o encadeamento de operações técnicas, sugerido pelo mesmo autor e adaptado por YUBA (2005).

Entende-se por cadeia de produção a sequência de operações de transformações de um determinado produto, ligadas entre si pelas alterações técnicas que este produto sofre (BATALHA 97 apud YUBA 2001). Como forma de apresentar o projeto dos 2 sistemas de coberturas (VLP e Painel Pré-fabricado) e ao mesmo tempo deixar de forma bastante clara como se deu o seu processo de produção⁵², é que se adotou a apresentação do sistema de cobertura pela sua cadeia de produção. A cadeia de produção de ambos os sistemas de coberturas foi dividida em cinco partes principais. Por se tratar de uma pesquisa-ação, muito dos fatos relatados na cadeia de produção tem relação direta com essa metodologia adotada.

3.4.1. Cadeia de produção do sistema de cobertura VLP em Pirituba II

A cadeia de produção do sistema de cobertura VLP foi dividida em cinco partes principais. A parte 1 trata do *processo de desenvolvimento do projeto*, onde se procura resgatar todas as etapas de estudos e análises que permearam o seu desenvolvimento até se obter o projeto executivo. A parte 2 da cadeia trata da *experimentação em laboratório*, que foram realizados para confirmar os cálculos dimensionais dos componentes do sistema de cobertura VLP. A parte 3 diz respeito ao *processo de aquisição dos materiais* para a produção do sistema de cobertura e a forma como os participantes se organizaram para a compra. A parte 4 é o *processo de produção do sistema de cobertura*, desde a chegada das madeiras no local de produção (a Marcenaria Coletiva Madeirarte), até o processamento dos componentes e sua saída como produto pré-fabricado, explicando a forma como as famílias se organizaram para a produção e a própria organização do local de produção. A parte 5 do *processo de montagem do sistema de cobertura VLP* no canteiro, repassando pela organização das famílias na montagem, a assessoria técnica neste momento,

⁵² Essa explicação sempre estará atrelada ao tipo de pesquisa que foi adotado, a pesquisa-ação; dessa forma o processo se tornou mais amplo e mais complexo.

porém, aplica o sistema de cobertura pré-fabricada e aborda a atuação das famílias no processo de montagem. A **figura 25** apresenta a cadeia de produção da cobertura VLP e as suas partes.

Figura 25 – Fluxograma da cadeia de produção dos sistema de cobertura VLP em Pirituba II. Fonte: adaptado de Sabbatini (1989), Martucci (1990), Götz et al (1994), Arruda (2000); fotos do autor e do Grupo Habis

3.4.2. Cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no Sepé Tiaraju

A cadeia de produção do sistema de cobertura do Assentamento Rural Sepé Tiaraju (**figura 26**), a exemplo do citado no sistema de cobertura do Assentamento Rural Pirituba II, foi dividida em cinco partes principais: parte 1 – *processo de desenvolvimento do projeto*; parte 2 – *processo de experimentação no laboratório*; parte 3 – *processo de aquisição dos materiais*; parte 4 – *processo de produção dos painéis na marcenaria*; e parte 5 – *processo de montagem da cobertura no canteiro*. Dentro de cada parte, estão relacionadas as etapas que foram consideradas e que serão detalhadas na sequência do trabalho com demonstração das entradas e saídas. Essa demonstração esclarece, então, o que foi necessário para a realização de cada etapa, o que saiu como resultado e o que continuou ao longo da cadeia até o produto final de cada uma das partes da cadeia de produção do sistema de cobertura em painéis pré-fabricado.

A primeira parte da cadeia de produção trata do processo de desenvolvimento do projeto, onde procura resgatar todas as etapas de estudos e análises que permearam o seu desenvolvimento até se chegar ao projeto executivo. A segunda parte relata o processo de experimentação em laboratório, realizado no campus da EESC/USP. Nesta parte, foram experimentadas a mesa de produção dos painéis e a montagem do protótipo da cobertura das casas. A terceira parte relata o processo de aquisição dos materiais para a produção do sistema de cobertura e a forma como todos os participantes se organizaram para recebimento. A quarta parte aborda o processo de produção dos painéis de cobertura, e relata, após a chegada das madeiras na marcenaria (escola), as etapas de organização do local de produção, a capacitação das famílias e o processamento dos componentes até a saída do produto pré-fabricado. A quinta parte relata o processo de montagem do sistema de cobertura no canteiro de obras pelas etapas de preparo da interface, a colocação dos painéis e das tabeiras e testeiras, o assentamento dos revestimentos cerâmicos e o emboçamento.

Figura 26. Fluxograma da cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no Assentam. Rural. Sepé Tiarajú. Fonte: adaptado de Sabbatini (1989), Martucci (1990), Götz et all (1994), Arruda (2000)

Nos dois capítulos seguintes, serão realizadas as descrições dos dois sistemas de cobertura conforme as etapas da cadeia de produção de cada uma. Antes de iniciar as apresentações da cadeia de cada sistema de cobertura, será anunciado o projeto completo dos dois sistemas com os respectivos detalhes construtivos. Esse método de apresentação tem a intenção de deixar claras, ao longo da leitura, todas as informações de cada projeto de sistema de cobertura. Feita essa apresentação do projeto das duas coberturas dá-se a explanação de cada uma das cinco partes da cadeia de produção dos sistemas de coberturas VLP e Painéis pré-fabricados.

CAPÍTULO 4 - Sistema de cobertura VLP desenvolvido para o Assentamento Rural Pirituba II

Neste capítulo será descrito o processo de desenvolvimento do sistema de cobertura no contexto do Assentamento Rural Pirituba II. Ele se inicia com a escolha dos materiais para a cobertura, da tipologia, e das alternativas de sistemas estruturais de cobertura que aconteceram antes de fevereiro de 2005⁵³ e, a partir de então, aprofunda nas questões técnicas construtivas das coberturas das casas de Pirituba II. A estratégia adotada para apresentar esse processo de desenvolvimento se baseou no conceito da “cadeia da produção”, conforme apresentado no item 3.4. Dessa maneira, expõe a necessidade de resgatar os trabalhos dos pesquisadores que participaram do processo desde o início da intervenção no assentamento⁵⁴. As etapas da cadeia de produção são: 1ª parte - o processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura VLP; 2ª parte - o processo de experimentação em laboratório; 3ª parte - a aquisição dos materiais para a continuidade das etapas subsequentes; 4ª parte - o processo de produção dos componentes na marcenaria coletiva e autogestionária de Pirituba II; e, por fim, 5ª parte - o processo de montagem do sistema de cobertura no canteiro de obras das casas do Assentamento Rural Pirituba II.

Para ilustrar melhor, optou-se por apresentar o projeto do sistema VLP no início, para depois detalhar as 5 etapas consideradas na cadeia de produção do sistema de cobertura em VLP.

As duas primeiras etapas dessa “cadeia de produção” estão, na realidade, relacionadas com o processo de desenvolvimento do sistema de cobertura, contando com os laboratórios da ESALQ/USP e da EESC/USP para realizar os ensaios de verificação do desempenho estrutural e do processo de produção.

Ainda no item 4.1, além do projeto da cobertura VLP, foi incluído o projeto do sistema convencional utilizado por um grupo de 6 famílias participantes do Projeto Inovarural e moradores do Assentamento Rural Pirituba II.

4.1. Projeto do sistema de cobertura VLP

Com base nos levantamentos realizados por Shimbo L. (2004), as famílias escolheram a cobertura em 2 águas. Essa forma de telhado é uma das mais baratas e simples de serem

⁵³ Esta pesquisa tem início em fevereiro de 2005 (data da chegada desse pesquisador ao grupo Habis).

⁵⁴ Relatório 2, Fase II (Habis 2004a) que continuaram depois, por mais um período, citadas no relatório 3 Fase II (HABIS 2004e) e Relatório Trimestral 1 (HABIS 2004b).

construídas, pois praticamente se aproveitam todas as telhas, sem haver necessidade de corte especial, além do que a natureza de sua geometria facilita a montagem.

O sistema VLP se caracteriza pelo emprego de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, abundante na região do Assentamento Rural Pirituba II, para a composição de componentes de um sistema de cobertura inovador, não convencional, que pudesse ser confeccionado pelas próprias famílias beneficiadas pela construção de suas casas, a um baixo custo e que oferecesse qualidade em atendimento às normas de desempenho. Por ser uma tábua fina, curta e de baixa qualidade, optou-se por fazer uma composição de peças, de maneira que a cobertura atendesse aos critérios de exposição e às exigências dos usuários para o projeto (qualidade e segurança estrutural, desempenho às condições climáticas, conforto ambiental, capacidade de pagamento, precariedades devido às distâncias e condições físicas, dentre outras).

Os termos usados para os componentes estruturais de cobertura e suas partes constituintes adotados nesse trabalho estão em conformidade com as denominações expostas por Cardoso (2000) e Sabbatini (2003), conforme apresentação no item 2.9 do capítulo 2.

Os primeiros componentes do sistema de cobertura VLP foram produzidos para a casa do Camilo⁵⁵. Apesar do material de revestimento das paredes (vedação) ser diferenciado do restante das casas do Projeto Inovarural, a planta baixa de sua casa era do modelo 3QBF, ou seja 3 quartos com banheiro fora. A diferença de modelo de casa de 3QBF para 3QBD em nada alterou a colocação das primeiras VLP na casa do Camilo.

Os componentes VLP produzidos para a casa do Camilo eram da parte constituinte da 'trama'. Ainda não havia uma solução definitiva para a parte constituinte da estrutura de apoio, localizada abaixo do plano inclinado das VLP. Essa estrutura era composta pela viga da cozinha, pelos vigamentos da varanda e pelo suporte dos beirais frontal e posterior. Dessa forma, foram providenciados componentes emergenciais para a estrutura de apoio para a casa do Camilo. Apesar de estar com as paredes erguidas em fevereiro de 2005, a casa do Camilo não teve a varanda coberta na sequência da montagem da cobertura do corpo principal da casa. A viga da cozinha empregou uma tesoura com as tábuas de *Pinus spp* de 3ª e os beirais posteriores foram sustentados por mãos-francesas provisórias. A **figura 27** apresenta etapas da cobertura da casa do Camilo que retratam a casa antes e depois de coberta parcialmente, com o assentamento dos beirais provisórios e da tesoura na cozinha. Sobre esses componentes provisórios da estrutura de apoio, assentam-se as VLP de 2,70 m e 3,40 m.

⁵⁵ Trata-se da primeira casa construída e coberta no Projeto Inovarural, em fevereiro de 2005; suas vedações de parede foram inteiramente confeccionadas em adobe.

Figura 27. Etapas da cobertura da casa do Camilo. Aplicação dos componentes VLP e da estrutura de apoio – tesoura e mão-francesa (provisória)

Fonte: Fotos do Grupo Habis e do autor

A principal questão que surgiu, decorrente da avaliação sobre a cobertura na casa do Camilo e da continuidade da aplicação das VLP nas demais casas do Projeto Inovarural, foi: como as VLP de comprimento 2,70 m e de 3,40 m, seriam sustentadas no vão da cozinha, na varanda e nos beirais frontal e posterior? Continuaríamos a utilizar os componentes (provisórios) que foram empregados na casa do Camilo?

A planta de cobertura, representada na **figura 28**, do modelo de casa 3QBD⁵⁶ com a denominação dos módulos construtivos (central e da borda) esclarece que as VLP de 2,70 m estão bem apoiadas no módulo construtivo central sobre o quarto, porém, no módulo construtivo central sobre a cozinha, elas estão apoiadas, em um lado, sobre a parede da sala, mas, no outro lado, ainda não estava esclarecido como seria o apoio sobre o vão da cozinha. Essa mesma linha de apoio sobre a cozinha serviria para apoiar as VLP de 3,40 m do módulo construtivo da borda - cozinha. Decorrentes dessa demanda foram desenvolvidos as vigas da cozinha, a viga da varanda e os beirais, empregando-se a mesma técnica construtiva das VLP.

Figura 28. Planta da cobertura com a localização dos módulos construtivos da casa modelo 3QBD

Fonte: desenho do autor

⁵⁶ Embora se tenha utilizado da casa modelo 3QBD, essas mesmas explicações servem para a casa modelo 3QBF

As casas cobertas após a casa do Camilo se beneficiaram do desenvolvimento dos componentes da estrutura de apoio para o projeto do sistema de cobertura VLP. Esses componentes foram desenvolvidos no grupo Habis entre março e maio de 2005, conforme descrito no Relatório Trimestral 5 de Habis (2005b), ensaiados no Laboratório de Engenharia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ – USP em Piracicaba, e atenderiam às exigências estruturais para as vigas da cozinha e da varanda e para o beiral posterior.

Quadro 7 – Componentes do sistema de cobertura VLP da casa modelo 3QBD. Fonte: dados do autor

Parte constituinte: Trama	Peças	Seção final (bxh) cm	Comprimento final (m)	Quantidade comp./ casa	Volume/casa m ³
VLP simples de 2,70 m	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	4,5 x 13,5	2,70	34	0,5577
VLP simples de 3,40 m	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	4,5 x 13,5	3,40	68	1,4045
Chapuz	<i>Eucalyptus spp</i> serrado	6 x 12*	0,12	136	0,0588
Emenda das VLP simples	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	1,5 x 13,5	0,60	68	0,0826
Espaçador	<i>Eucalyptus spp</i> serrado	3 x 4	0,28	96	0,0323
Ripa da 1ª fiada	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	1,5 x 5	1,80	10	0,0135
Total da parte constituinte da trama					2,1494
Parte constituinte: Estrutura de apoio	Peças	Seção final (bxh) cm	Comprimento final (m)	Quantidade comp./ casa	Volume/casa m ³
VLP composta	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	9 x 32	3,80	1	0,0892
VLP da varanda	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	4,5 x 28	2,80	4	0,1150
VLP do beiral	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	4,5 x 28*	1,20	4	0,0314
Berços das VLP simples	Tábuas de <i>Pinus spp</i>	1,5 x 10	1,80	24	0,0648
Calço da VLP composta	<i>Eucalyptus spp</i> serrado	6 x 12	0,50	1	0,0036
Total da parte constituinte da estrutura de apoio					0,3040
Parte constituinte: acabamentos	Peças	Seção final (bxh) cm	Comprimento final (m)	Quantidade comp./ casa	Volume/casa m ³
Tabeira	<i>Eucalyptus spp</i> serrado	2,5 x 20	5,00	5	0,1250
Forro de <i>Pinus</i> **	Lâminas de <i>Pinus</i>	0,08 x 7,5	1,90	672	0,7661
Total da parte constituinte dos acabamentos					0,8911
Total líquido de madeira na cobertura					3,3445

Observação: * a altura do componente é variável

** O forro não era parte integrante do "pacote obrigatório" na construção das casas. Porém, 06 casas optaram em adotá-lo.

Os componentes da estrutura de apoio para as casas de modelo 3QBD e 3QBF passaram a se chamar, a partir desse momento, de “VLP composta” em substituição à viga da cozinha, “VLP da varanda” em substituição à viga da varanda; e “VLP do beiral” em substituição à denominação beiral (ou mão-francesa), definindo completamente os componentes da estrutura de apoio que sustentariam as VLP de 2,70 m e 3,40 m. As VLP de comprimento 2,70 m e 3,40 m passaram, a partir de então, a se denominar “VLP simples de 2,70 m” e “VLP simples de 3,40 m”, adequando-se aos novos componentes do sistema de cobertura VLP. Em resumo, o sistema de cobertura das casas do Projeto Inovarural do Assentamento Rural Pirituba II, passa a ser constituído dos seguintes componentes estruturais: VLP simples de 2,70 m e VLP simples de 3,40 m, partes constituintes da trama, e VLP composta, VLP da varanda e VLP do beiral, como partes constituintes da estrutura de apoio. Na sequência do desenvolvimento dos componentes da estrutura de apoio do sistema de cobertura VLP, outros foram desenvolvidos para apoiar os principais componentes VLP. O **quadro 7** apresenta os componentes de todas as partes constituintes da cobertura VLP, sua localização no subsistema da cobertura, bem como outras informações relativas ao tipo de madeira utilizada, à seção final do componente, comprimento do componente, quantitativos e o volume líquido de madeira por componente e por casa.

Os desenhos da **figura 29** apresentam o projeto de todos os componentes do sistema de cobertura VLP, enfatizando os componentes visualizados pela planta de cobertura e corte transversal (AA). O projeto está baseado na casa modelo 3QBD (3 quartos banheiros dentro)⁵⁷. Nele, são demonstrados os componentes da trama (VLP simples de 2,70 m e 3,40 m, chapuz, emenda de VLP simples, espaçadores e ripa da 1ª fiada), os componentes da estrutura de apoio (VLP composta, VLP da varanda e VLP do beiral e berço das VLP) e o componente de acabamento (tabeiras). No corte transversal, é feita uma tentativa de apresentar os espaçadores das VLP simples com o conjunto do cabo de aço, porém - mais bem visualizado no detalhe 4 da **figura 31** -, bem como o calço da VLP composta que está representado no detalhe 2 da **figura 31**. O forro não está representado em nenhum desenho. Poucas famílias adotaram esse componente no acabamento da cobertura. Para a compreensão de sua localização, nas casas que aplicaram o forro, ele está situado no mesmo plano dos berços das VLP simples fixado com pregos na face inferior das VLP simples.

⁵⁷ Como foi visto no item 3.3 “estudo de caso” os projetos 3QBD e 3QBF, apesar das diferenças na planta de arquitetura, apresentam a mesma demanda de componentes para ambas as coberturas.

Figura 29 – Desenhos técnicos da casa modelo 3QBD com o sistema de cobertura VLP. Fonte: desenhos do autor.

A **figura 30** apresenta a perspectiva do conjunto do sistema de cobertura VLP (sem as telhas e o forro) a fim de demonstrar todos os componentes aplicados. Apesar da limitação da escala, podem-se observar todos os componentes que participam do conjunto da cobertura VLP. Alinhados com os espaçadores, estão os conjuntos dos cabos de aço. Este tem a função de absorver a flambagem oblíqua, devido à inclinação, nas 3 linhas de apoio entre as VLP simples (1 ao centro e 2 nas extremidades) e está fixado por clips de aço nas extremidades, ou na 1ª fiada de VLP simples de cada lado da cobertura. O espaçador garante a distância constante entre as VLP simples.

Figura 30 – Perspectiva do conjunto da cobertura VLP da casa modelo 3QBD e seus componentes (sem telhas e forro) Fonte: desenhos do autor

Para ressaltar a importância das interfaces, a **figura 31** apresenta 4 detalhes de pontos relevantes da cobertura da casa 3QBD. O detalhe 1 mostra a região do beiral posterior onde temos 4 VLP do beiral - nele observam-se os componentes de apoio do sistema VLP, como o chapuz, a ripa da 1ª fiada, o espaçador e o berço das VLP simples. O detalhe 2 situa-se na

região da cumeeira onde se apoia a VLP composta - nele pode-se observar o calço da VLP composta e a cabo de aço passando pela cumeeira. Na região do frechal, apresentada pelo detalhe 3, temos o encontro da VLP composta e o início da VLP da varanda; as duas se servem da presença da cinta de amarração, onde estão apoiadas. A VLP da varanda mantém a mesma inclinação da VLP composta e o berço das VLP simples retifica este plano.

Figura 31 – Detalhes das interfaces do sistema de cobertura VLP.

Fonte: desenhos do autor

Por fim, o detalhe 4 está representando a extremidade da VLP da varanda; nele pode ser observada a ripa da 1ª fiada e o pilar roliço. Pode ser vista, ainda, a diferença de galga entre a 1ª fiada e a 2ª fiada de VLP simples. Essa diferença permite que a telha cerâmica da 1ª fiada balance uns 10 cm. No conjunto dos 4 detalhes, além dos componentes VLP, se veem todos os componentes complementares do sistema de cobertura VLP e as interfaces com a alvenaria.

Das 49 famílias participantes do Projeto Inovarural, quantas de fato estavam empregando o sistema de cobertura VLP? A pergunta se torna importante, pois, a partir de um certo momento, maio de 2005, um grupo de famílias insatisfeitas com a proposta aprovada pela maioria dos moradores foi se formando e, ao final daquele mês, convocou uma assembleia colocando em pauta sua decisão de adotar um sistema de cobertura convencional. Essas etapas estão relatadas no Relatório Trimestral 6 de Habis (2005c) e contam como foi formado o grupo que, posteriormente, ficou conhecido como “grupo da cobertura convencional”. Eles formaram um grupo representando 6 famílias que adotaram a sistema de cobertura convencional.

No Projeto Inovarural, das 49 famílias integrantes, 36 adotaram a cobertura com o sistema VLP, outras 6 famílias empregaram a cobertura no sistema tradicional. Estas 42 famílias aplicaram a planta de arquitetura 3QBD ou 3QBF. Outras 7 famílias realizaram reformas em suas casas, empregando o sistema de cobertura convencional. Assim, ao final de junho de 2005, o cenário das coberturas das casas do Projeto Inovarural de Pirituba estava com a seguinte configuração: 35 casas empregariam o sistema de cobertura VLP, 6 casas, o sistema de cobertura convencional, e as 7 casas da reforma também utilizariam o sistema convencional com adequações mais específicas a cada uma delas. Todas empregariam os revestimentos cerâmicos – telhas de barro.

4.1.1. O projeto do sistema de cobertura convencional para 6 casas de Pirituba II

As 6 famílias que preferiram construir a cobertura de suas casas com o sistema convencional, usaram madeiras de bitolas comerciais adquiridas nas serrarias da região. O projeto adotado por estas famílias, apesar de seguir o sistema convencional, diversificou nas medidas das peças e nos comprimentos adotados, uns em relação aos outros. Em nenhuma cobertura houve observância das normas técnicas quanto ao dimensionamento das peças. A fim de criar uma situação de comparação próximo da realidade com as demais casas de Pirituba II que adotaram o sistema de cobertura VLP, será feita uma adequação do sistema de cobertura convencional para a mesma planta baixa da casa modelo 3QBD, com a mesma superfície coberta – 107,35 m². (*figura 32*)

A cobertura convencional⁵⁸ seria da seguinte forma: 3 linhas de terças com seção 6 x 12 cm sobre as 2 paredes do frechal e uma sobre a cumeeira, todas com 9,5 m de comprimento; 3 linhas de terças com seção 6 x 16 cm, sendo uma em cada água, intermediária entre a cumeeira e o frechal, e uma sobre os pilares da varanda. 18 caibros apoiados sobre as terças de seção 6 x

⁵⁸ Dimensionamento segundo a NBR 7190/97

7 cm. 34 linhas de ripas, mais 2 ripas para a primeira fiada dupla de cada água, com seção 1,5 x 5 cm. Sobre o vão da cozinha, representando o único componente da estrutura de apoio, está a viga da cozinha de 8 x 25 cm com 3,80 m de comprimento. Por fim, foram consideradas as tabeiras laterais, com 2,5 x 20 cm.

Figura 32 – Sistema de cobertura convencional adaptado à casa modelo 3QBD. Fonte: desenhos do autor

A **tabela 9** representa toda a madeira consumida na cobertura convencional, nos momentos da aquisição e com a cobertura pronta (madeiras processada). O volume no momento da aquisição dessas madeiras é de 2,167 m³, pois considera perdas com medidas reais (de 0,5 m em 0,5 metro e partir de 2,00 m de comprimento) e com a quantidade a mais de ripas e caibros; neste caso são adquiridas 168 peças de madeira. Quando se observa a quantidade de peças de madeiras processadas, o valor cai para 154, e o volume é reduzido a 1,898 m³. Este último valor corresponde ao volume líquido, que é o mesmo obtido no romaneio do projeto executivo – componentes com suas dimensões em serviço.

Tabela 9 – Consumo de madeira da cobertura convencional.

Fonte: autor

Descrição componente	base ou espessura	altura ou largura	comprimento	volume unitário	qtde	Volume na aquisição	qtde	Volume processada
	cm	Cm	m	m ³	unids	m ³	unids	m ³
Ripa	1,5	5,0	4,50	0,003	40	0,135	34	0,121
Ripa	1,5	5,0	5,50	0,004	40	0,165	34	0,136
Caibro	6,0	7,0	3,00	0,013	20	0,252	18	0,212
Caibro	6,0	7,0	4,00	0,017	20	0,336	18	0,287
Caibro	6,0	7,0	5,00	0,021	20	0,420	18	0,355
Terça	6,0	12,0	3,00	0,022	3	0,065	3	0,058
Terça	6,0	12,0	4,00	0,029	6	0,173	6	0,156
Terça	6,0	16,0	3,00	0,029	3	0,086	3	0,078
Terça	6,0	16,0	4,00	0,038	6	0,230	6	0,207
Viga da cozinha	8,0	25,0	4,00	0,080	1	0,080	1	0,076
Testeira (frontal)	2,5	20,0	5,00	0,025	4	0,100	4	0,095
Tabeira (lateral)	2,5	20,0	5,00	0,025	5	0,125	5	0,118
Totais gerais					168	2,167	154	1,898

Para fazer a aquisição, é preciso observar os comprimentos das peças para evitar maiores perdas com destopos e adquirir umas poucas peças a mais de ripas e caibros (as terças e a viga da cozinha não necessitam aquisição extra). Assim observado, do volume líquido para o volume na aquisição há um acréscimo de 14,17% no volume de madeiras.

O consumo de madeiras, denominado como índice conforme Damiano e Sales (2004), é calculado dividindo-se o volume líquido de madeira (1,898 m³) pela área coberta (107,35 m²). Assim, o seu índice de consumo neste sistema convencional é de 0,018 m³/m².

Em maio de 2005, estas 6 famílias adquiriram madeira serrada do gênero *Eucaliptus* para a execução de cobertura no sistema convencional (modelo 3QBD) e pagaram o valor correspondente a R\$ 500/m³ no mercado de Itapeva.

Ainda nos quantitativos, vale a indicação do consumo de pregos, conforme apresentado na **tabela 10**. Foram usados 674 pregos 15x15, ou 1,0 kg, para a fixação das ripas sobre os caibros; 278 pregos 17x27, ou 1,15 kg, para a fixação dos caibros sobre as terças e 124 pregos

19x36, ou 1 kg, para o chumbamento das terças de cumeeira e frechal e da viga da cozinha sobre a parede. Esses quantitativos consideram as perdas de 10% com desperdícios. Quanto ao total de pregos da trama e da estrutura de apoio são consumidos 3,15 kg. Se considerarmos as mesmas condições da cobertura VLP, teríamos de incluir os pregos consumidos nas tabeiras (19x36) e nas lâminas de forro (12x12). Assim, o seu consumo subiria para 8,60 kg, conforme está indicado na **tabela 10**, abaixo.

Tabela 10 – Pregos consumidos na cobertura convencional – casa modelo 3QBD.

Fonte: autor

Componentes		12x12		15x15		17x27		19x36	
Descrição	Qtde / casa *1	comp.	casa	comp.	casa	comp.	casa	comp.	casa
Ripa sobre caibro	34	-	-	18	612	-	-	-	-
Caibro sobre terças	18	-	-	-	-	14	252	-	-
Terças (chumbamento)	6	-	-	-	-	-	-	16	96
Viga cozinha (chumbmt)	1	-	-	-	-	-	-	16	16
Tabeira	5	-	-	-	-	-	-	20	100
Lâminas de forro	672	10	6720	-	-	-	-	-	-
		Totais	6720		612		252		212
Variáveis									
Quantidade pregos/kg *2			1632		672		242		121
Quantidade (kg)			4,12		0,91		1,04		1,75
Quantidade com 10% perdas (kg)			4,53		1,00		1,15		1,93
Quantidade total em peso de pregos por casa (kg)									8,60

Observações

*1. Dados interpretados no desenho da cobertura convencional (desenho acima).

*2. Dados do catálogo do fornecedor – Gerdau.

Os demais materiais da cobertura convencional (revestimentos cerâmicos da cobertura e emboçamentos) correspondem aos mesmos valores encontrados na cobertura VLP. Embora nenhuma das casas de cobertura convencional tenha sido forrada, a superfície é a mesma. Para efeito de comparação, podem ser empregados os valores da cobertura VLP.

4.2. Processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura VLP

Dando continuidade à apresentação do sistema de cobertura pela sua cadeia de produção, inicia-se pelo desenvolvimento do projeto da VLP, conforme **figura 33**. A ordem segue a proposta de começar pelos levantamentos do potencial de materiais da região do assentamento de Pirituba II. Em seguida, apresentam-se as 5 alternativas que foram estudadas, explicando as condições que viabilizaram ou não cada uma delas; até se chegar à alternativa que foi efetivamente aplicada nas casas do assentamento. Na sequência, é apresentada a participação das famílias no processo de desenvolvimento do projeto da VLP e como elas se organizaram. Ao final da primeira parte, são apresentados os resultados das verificações dimensionais do sistema VLP, antes de partir para os ensaios dos protótipos dos principais componentes em laboratórios.

Parte 1 – Desenvolvimento do projeto

Figura 33 – Fluxograma do processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura VLP. Fonte: desenhos e fotografias do autor e do grupo Habis

A **figura 33** apresenta como está estruturada a parte 1 do processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura VLP e suas 4 etapas, com entradas e saídas. As questões relacionadas com as cinco dimensões da sustentabilidade fazem um diálogo constante durante todo o processo de desenvolvimento do projeto.

4.2.1. Estudos do potencial de materiais da região

Aspectos ligados à sustentabilidade dos materiais que tinham potencial para serem aplicados na construção das casas foram considerados. Nesse quesito, a madeira⁵⁹, apesar de suas várias vantagens, passou pelas mesmas avaliações como material de construção com possibilidade de ser escolhido para a construção das casas.

Assim, o material deveria ser disponível (talvez abundante) na região, promover o desenvolvimento local, focando esse desenvolvimento de maneira a atender as famílias mais carentes, de modo que elas pudessem ter participação ativa e efetiva do processo de decisão e escolha, da produção e execução de suas casas; ser de impacto positivo ao meio ambiente, ou seja, não ser agressivo à ordem natural de uso dos recursos que a natureza disponibilizam, mas, sim, colaborar para o seu desenvolvimento, compreendendo desde a sua manutenção, com aplicação de manejo racional, como imprescindível para a qualidade de vida local e regional; economicamente, deveria desenvolver e elevar a qualidade de vida das famílias, potencializando o mercado madeireiro como setor forte e articulado com a população⁶⁰, descentralizado de um único ou poucos proprietários, e direcionando para uma produção em pequenas propriedades, mas de grande escala (muitos minifúndios produzindo madeira com promoção da diversificação de espécies).

A característica da região como polo produtor de madeira de plantios florestais é inquestionável, conforme levantamento feito por Gava (2005) em seu trabalho e no Inventário Florestal das Áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo, de Kronka et al. (2002). Gava (2005) cita:

“Os municípios de Itapeva, Itararé, Buri, Capão Bonito, Nova Campina, Apiaí, Ribeirão Branco, Itai, Paranapanema e Bom Sucesso de Itararé, são os que apresentam as áreas de reflorestamento mais significativas do Polo de Itapeva / Buri / Capão Bonito. Cerca de 93,1% das áreas reflorestadas da região, pertencem à esses municípios. Em relação às áreas de *Pinus*, esses mesmos municípios são responsáveis por uma área de 58.031 ha (94,1% do total do Polo”.

A **figura 34** apresenta dois estudos (mapas de SP) onde, apesar de representarem situações diferentes, reforçam uma região de contrastes. No mapa da esquerda, fica evidente como a região tem vocação madeireira, indo a encontro das pesquisas e levantamentos elaborados por

⁵⁹ Esse trabalho de pesquisa parte do pressuposto que a madeira, por suas características físicas, mecânicas, ambientais, sociais, culturais e econômicas, é o material mais adequado para ser aplicado na estrutura de coberturas.

⁶⁰ O termo “população” aqui utilizado deve ser entendido na plenitude de sua expressão, excluindo qualquer tipo de segregação. Os benefícios ou todas as consequências são de sua inteira responsabilidade e dela, por ela e para ela devem sair as decisões e encaminhamentos.

Gava (2005) e Kronka et al. (2002). Em oposição, o mapa da direita, na **figura 34**, demonstra que esta mesma região madeireira é uma das mais pobres do estado, apresentando um IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal) abaixo de 0,7 – indicado pelas cores mais fortes (vermelho).

Figura 34. Mapas do estado de São Paulo; o da esquerda mostra as manchas de plantios florestais, o da direita as manchas de IDH; quanto mais intensa a mancha, menor o índice

Fonte: O Verde em São Paulo. *Revista FAPESP*, nº 91, 2003; e, IDHM em São Paulo – SEADE. 2006

Esses contrastes foram uma das motivações para o Projeto Inovarural e reforçaram a necessidade de uma atuação junto à essas populações (no caso, um assentamento rural) aproveitando desse grande recurso natural renovável, abundante, disponível e, por que não, acessível.

Dessa forma, a escolha da madeira como produto para o sistema de cobertura nos pareceu bastante clara, por todas as suas vantagens diretas e indiretas às famílias e para a qualidade que poderiam trazer às casas do assentamento.

Mais à frente, em seu trabalho, Gava (2005) apresenta as tábuas de *Pinus spp* como o produto mais abundante, produzido pelas serrarias da região, notadamente, em sua maioria, as serrarias de pequeno porte, cujo perfil é “[...] operar com toda a sorte de demanda. Normalmente, sua estrutura de funcionamento está voltada para as mais diversas necessidades de bitola e, para tanto, trabalham com equipamentos de controle manual.” Essas serrarias, segundo o mesmo relato, têm passado por dificuldades financeiras por estarem bastante atreladas a empresas de grande porte, que impõem, na maioria dos casos, a ‘regra do jogo’, fragilizando-as. Em momentos de boas vendas, quando o mercado está aquecido, as grandes empresas conseguem impor um preço reduzido às pequenas, aumentando sua margem de lucro e diminuindo o ganho delas. Em momentos de crise, ou de dificuldades particulares, as grandes empresas reduzem as encomendas, e as pequenas empresas ficam completamente desguarnecidas, pois boa parte de sua produção está voltada para atender ao grande cliente.

Guardadas todas as evidências citadas por Gava (2005), quanto aos problemas de custos operacionais, instabilidades mercadológicas, dependências intra e interempresas (vínculos produtivos), dentre outros tantos, o fato é que a região tem fortemente essa característica madeireira, mas a população, pouco ou nada, tem-se beneficiado dessa qualidade.

Nessa direção, ou numa tentativa de buscar uma alternativa que motivasse esse mercado madeireiro em benefício de sua população mais presente, é que se tomou o caminho de estudar as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade procurando, ou melhor, desenvolvendo uma técnica construtiva que as absorvessem enquanto matéria-prima para aplicação em sistemas construtivos de casas. Assim, foram estudadas as alternativas de sistemas de coberturas que empregassem as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade. Na **figura 35**, podem-se observar as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade. Elas são usadas, não como regra, mas em sua maioria, como matéria-prima para a produção de *pallets* e *containeres*. Em outras situações, podem ser empregadas na produção de embalagens dos mais diversos tipos e tamanhos. Porém, são classificadas em tábuas de 1ª, de 2ª e de 3ª qualidade, havendo uma diferença de preço entre elas na faixa de 15%. Por razões explícitas desde o início dessa pesquisa, quais sejam, diminuição dos custos com manutenção da qualidade, foi opção do grupo de pesquisa adotar a tábua de *Pinus spp* de 3ª qualidade como matéria-prima para o desenvolvimento de subsistemas construtivos para emprego na moradia.

Figura 35. Tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade. Seção: 1,5 x 14 cm. Comprimento: 190 cm.

Fonte: fotos Grupo Habis

Foi experimentado o estabelecimento de parcerias com a Associação das Indústrias Madeireiras de Reflorestamento de Itapeva, para fornecimento de toras a preço de parceria dentro do orçamento do projeto, na perspectiva de se viabilizar um projeto social que teria como resultado agregar mais valor à madeira desdobrada, ampliando e diversificando os produtos de base

florestal. O resultado desse encontro não foi positivo, não sendo possível o estabelecimento da parceria, conforme citação no relatório trimestral 2 do Habis (2004c).

Na virada de 2003 para 2004, os preços de mercado da madeira de *Pinus* sofreram grandes alterações. O mercado internacional estava aquecido, o que aumentava em muito as exportações, fazendo que o produto passasse por grande especulação, por estar com a demanda aquecida e oferta limitada. A título de exemplo, conforme relatório 3 da fase II de Habis (2004e), os preços das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, saltaram de R\$80 /m³ final de 2003, para um valor próximo de R\$200 /m³ em meados de 2004. Os parceiros não se sentiam seguros em segurar preços para o Projeto Inovarural. Era preciso trabalhar logo, adquirir as madeiras o mais prontamente possível. Apesar dos contratempos da parceria com o fornecedor dessa madeira, o preço de aquisição ficou em R\$165,00 / m³ (preços de junho de 2004). Conforme **tabela 11**, o Projeto Inovarural adquiriu nessa fase 1/5 do total de madeira para a cobertura das casas. Ainda não estava certo qual seria o projeto da cobertura, mas, não se podia esperar mais tempo para a aquisição das madeiras. O recurso destinado à construção das casas não estava indexado a nenhum indicador de inflação, ou a qualquer forma que reajustasse os efeitos inflacionários sobre os materiais. A única certeza era a de que as tábuas de *Pinus* de 3ª seriam empregadas, independentemente do sistema de cobertura que fosse adotado.

Tabela 11. Romaneio do primeiro lote de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade. Recebido 28 e 29/06/2004
Fonte: Relatório Trimestral 3, Habis (2004d)

Fonte: Relatório Trimestral, Nabis (2004)					
Finalidade de uso	Espessura	Largura	Comprimento	Classe	Volume (m³)
Forrinho	12 mm	100 mm	190 cm	Madeira de 3ª	23,324
Viga-laje (laminada)	15 mm	140 mm			22,963
					Total do 1º. lote
				Total do Projeto	260 m³

As tábuas efetivamente aproveitadas para a produção do sistema de cobertura foram as de medidas 15 x 140 mm, correspondentes ao volume de 22,963 m³. O restante das tábuas escolhido foi adquirido em maio de 2005 (HABIS 2005b). As medidas diferentes adquiridas no primeiro lote (peças de 12 x 120 mm) foram, posteriormente, aproveitadas para a produção de forro⁶¹.

4.2.2. Desenvolvimento de alternativas de sistemas de cobertura para Pirituba II

As obras de construção das 49 casas do Projeto Inovarural iniciaram em meados de 2004 com a etapa das fundações. Conforme observação de EGAS (2007), até que se chegasse ao projeto

⁶¹ Com a definição do sistema de cobertura VLP, as peças de 12 x 120 mm ficaram ociosas e foram reaproveitadas para a produção de forro. Entretanto, poucas foram as famílias que o empregaram, pois, como será visto mais a frente, entra como material opcional de construção.

definitivo, foram estudadas 5 alternativas para o sistema de cobertura. O recurso para a construção das casas de Pirituba II já estava alocado e era preciso adquirir rapidamente os materiais, evitando efeitos inflacionários. Entretanto, essa era tarefa das mais difíceis, pois o processo de definição do sistema de cobertura passava pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico, técnico e estrutural, pelos ensaios de laboratório, pelas verificações construtivas e pela submissão às famílias para aprovação. Uma vez aprovada pelas famílias a alternativa de sistema de cobertura, o projeto entrava em sua fase executiva, e em seguida, na linha de produção na marcenaria do assentamento. Apenas a alternativa aprovada pelas famílias, a última das cinco, entrou na fase executiva e, conseqüentemente, na linha de produção.

A seguir, serão apresentadas as 5 alternativas de sistema de cobertura que foram desenvolvidas ao longo de 2004 e que culminaram com a escolha definitiva do sistema VLP, aprovado pelas famílias. As cinco alternativas consideraram a utilização das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade com seção 1,5 x 14 cm e comprimento 1,90 m. Como referência para a comparação, são empregados para todas as alternativas os dados da NBR 7190/97 para os valores da espécie de *Pinus elliotii*, onde se tem a densidade aparente a 12% em 560 kg/m³. Em março de 2005, as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade foram adquiridas por R\$198,00/m³. As 5 alternativas de sistema de cobertura apresentadas dizem respeito à parte constituinte da trama; não contemplam a estrutura de apoio.

Em relação ao volume de madeira das alternativas, será feita uma comparação com o volume de madeira da parte constituinte da 'trama' do sistema de cobertura convencional, apresentado no item 4.1.1. Este sistema, considerando apenas os componentes 'ripa', 'caibro' e 'terça', consome 1,609 m³ de madeira para a superfície de 107,35 m², o que perfaz o índice de 0,015 m³/m².

Os estudos das 5 alternativas foram desenvolvidos em dois componentes e tiveram o mesmo desafio: vencer o vão interno dos quartos de 2,70 m, adicionado do balanço de 70 cm do beiral lateral, de acordo com as informações da planta baixa da casa 3QBD. Dessa forma, para todas as alternativas foram desenvolvidos componentes de 2,70 m e 3,40m, e todos eles estão justapositionados paralelamente à cumeeira.

A apresentação das alternativas se dará com os desenhos dos componentes sendo representados com vistas de topo em duas fases; sendo na primeira fase as tábuas de *Pinus spp* de 1,5 x 14 cm expandidas (afastadas umas das outras) e, na segunda fase, com as tábuas juntas (pregadas). Em seguida, em uma outra figura, a representação dos dois componentes (2,70 m e 3,40 m) com a disposição das tábuas de *Pinus spp* (de 1,90 m e seus recortes) e uma

perspectiva esquemática dos dois componentes. Essas observações podem ser verificadas nas figuras das alternativas de 1 a 5, apresentadas nos textos a seguir.

4.2.2.1. 1ª alternativa - o componente de cobertura Laje forro

Alternativa proposta na sequência dos estudos que estavam sendo desenvolvidos por Gava (2005) para as paredes das mesmas casas de Pirituba II, em fevereiro de 2004. Foram desenvolvidos estudos dessa mesma tecnologia para a cobertura das casas, conforme descrições abaixo.

Figura 36. Laje-forro. 1ª alternativa do sistema de cobertura – vistas de topo. Desenho à esquerda com peças soltas; à direita com peças pregadas formando o maciço de 30 cm de largura.

Fonte: Desenhos do autor

Componente de cobertura composto por tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade justapostas uma ao lado da outra pela maior face, conforme representação da **figura 36**, alternando-se as emendas conforme os comprimentos. Assentadas paralelamente à cumeeira. A cobertura da casa modelo 3QBD demanda componentes com medidas de 2,70 m nos dois módulos centrais e 3,40 m nos 4 módulos de borda⁶² (2,70 m, mais balanço de 70 cm). A **figura 37** complementa essas informações e apresenta maiores detalhes do dois componentes.

Dessa maneira, os componentes laje forro de 2,70 m e 3,40 m têm, respectivamente, 0,1134 m³ e 0,1428 m³ de volume líquido de madeira de *Pinus spp*. Na mesma ordem e considerando densidade aparente a 12% do *Pinus spp* de 560 kg/m³, cada componente pesa, respectivamente, 63,50 kg e 79,97 kg.

⁶² O termo módulo vem da intenção de projeto arquitetônico baseado na coordenação modular e pretendia com isso amarrar alguns facilitadores construtivos tanto para o sistema de vedação, como para os demais componentes e sistemas da casa: portas, janelas, sistema de cobertura, dentre outros. Na cobertura temos, por força da modulação, 6 módulos de 2,70 x 3,60 m, sendo 2 módulos centrais e 4 módulos de borda.

Figura 37. Produção do Laje forro. Componentes de 2,70 e 3,40 m. Esquema com disposição das diferentes medidas de tábuas de *Pinus spp.*

Fonte: Desenhos do autor

Condições que viabilizavam a 1ª alternativa:

- Madeira com baixo custo. O metro cúbico das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade é 30% mais barato que o mesmo *Pinus* de 1ª;
- A cobertura final adquire a aparência de laje forrada e inclinada, com aspecto agradável e oferecendo um elevado nível de qualidade no acabamento;
- Grande resistência mecânica às cargas atuantes;
- Possibilidade de pré-fabricação no processo de produção;
- Possibilidade de composição de tábuas para produção de componentes maiores e mais resistentes. Justapositionando as tábuas de 1,90 m umas contra as outras e alternando-se as emendas no comprimento.
- Trabalhabilidade: facilidade de trabalhar com a madeira de *Pinus spp* utilizando ferramentas simples;
- Meio de ligação estudado: apesar de ter se estudado a ligação das tábuas por meio de cavilhas, esta não demonstrou ser uma boa opção. Os pregos, atravessando duas tábuas de 15 mm, demonstraram ser mais eficientes e fáceis de serem manuseados.

Condições que inviabilizavam a 1ª alternativa

- Grande consumo de madeira e pregos, consequentemente, aumentando-se os custos de produção, independente do baixo valor do metro cúbico.
- Para a cobertura de 107,35 m² de superfície da casa modelo 3QBD, o volume líquido de madeira é de 15,029 m³ (altura do componente: 14 cm). Segundo o volume da cobertura

convencional, apresentado acima, o volume da alternativa 1 supera 9,5 vezes o consumo de madeira ideal para a trama.

- Exequibilidade: componente relativamente pesado, pela quantidade de componentes a ser manuseada. Requer mecanismo para içamento nos deslocamentos para o estoque e, posteriormente, para a montagem da cobertura. Na cobertura da casa 3QBD seriam necessários 38 componentes de 2,70 m e 76 componentes de 3,40 m.

Encaminhamentos da 1ª alternativa

A proposta foi rejeitada por causa do alto consumo de madeira, o que elevaria os custos do sistema de cobertura para valores impraticáveis, acima dos recursos disponíveis pelas famílias para essa etapa de obra.

Também foi rejeitado pelo peso relativo, o que dificultaria os deslocamentos dos componentes pela mão de obra mutirante nas etapas de produção e montagem.

4.2.2.2. 2ª alternativa - o componente de cobertura Laje forro mais leve

Alternativa proposta na sequência dos estudos da 1ª alternativa de laje forro, em março de 2004. Ainda se tentava um projeto que agregasse as vantagens encontradas na alternativa anterior, mas que consumisse menos madeira.

Figura 38. Laje forro mais leve (vistas de topo das tábuas). Segunda alternativa de sistema de cobertura
Fonte: Desenhos do autor

Componente de cobertura composto por 22 camadas de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade justapostas umas contra as outras, com 2 alturas diferentes (14 e 8 cm), como pode ser observado na **figura 38**. A cobertura da casa modelo 3QBD demanda componentes com medidas de 2,70 m nos dois módulos centrais, e 3,40 m nos 4 módulos de borda (2,70 m, mais balanço de 70 cm). A **figura 39** complementa essas informações e apresenta maiores detalhes dos dois componentes propostos.

O componente laje forro mais leve agrega o conceito de 'galga⁶³ pré-fabricada', ou seja, o componente é produzido com a amarração de acordo com o tipo de telha que deverá ser empregada na obra.

Considerando-se a galga de 33 cm, o volume de madeira no componente de 2,70 m é de 0,0757 m³ líquido de madeira maciça – tábuas de *Pinus spp.* O componente de 3,40 m, com a mesma galga, tem 0,0989 m³ líquido de madeira maciça.

Considerando-se a densidade aparente do *Pinus elliottii* de 560 kg/m³, o componente de 2,70 m alcança 42,39 kg, e o componente de 3,40 m, 55,38 kg, ambos na condição de umidade à 12%.

Meio de ligação estudado: prego espiralado atravessando pelo menos três camadas de tábuas.

Figura 39. Produção dos 2 tipos de Laje forro mais leve. Componente de 2,70 m e 3,40 m. Esquema com a disposição das tábuas de *Pinus spp.*

Fonte: Desenhos do autor

Condições que viabilizavam a 2ª alternativa

- Madeira com baixo custo. O metro cúbico do *Pinus ssp* de 3ª qualidade é 30% mais barato que o mesmo *Pinus* de 1ª;
- A cobertura final adquire a aparência de laje forrada e inclinada, com aspecto agradável, oferecendo um nível elevado de qualidade de acabamento;
- Grande resistência mecânica às cargas atuantes, conforme prescrições da NBr 7190/97;
- Possibilita a pré-fabricação no processo de produção;
- Possibilita a produção de componentes maiores que o comprimento das tábuas de 190 cm, justapositionando-se as tábuas umas contra as outras e alternando-se as emendas.

⁶³ O termo galga vem do sistema de cobertura convencional e se caracteriza pela distância do apoio entre as ripas.

- Trabalhabilidade: fácil de trabalhar com a madeira de *Pinus spp* com ferramentas simples;
- Exequibilidade: fácil de se executar os processos de produção. Com a diminuição do peso do componente (embora não muito significativa), o manuseio fica mais leve tanto nos deslocamentos da produção, quanto nos de montagem. Ainda assim, seria preciso atenção especial pela quantidade de componentes: 34 de 2,70m e 68 de 3,40 m. Não tão pesado, mas, como se trata de muitos, dever-se-ia tomar um cuidado redobrado.

Condições que inviabilizavam a 2ª alternativa

Ainda que, com um volume mais baixo que o componente da 1ª alternativa, o consumo de madeira continuou alto, consequentemente, aumentando-se os custos de produção.

Para cobrir a casa 3QBD, seriam necessários 34 componentes de 2,70 m, cada um com 0,0752 m³, ou seja, 2,5738 m³ no total; e 68 componentes de 3,40 m, cada um com 0,0989 m³, ou seja, 6,7252 m³ no total, perfazendo 9,299 m³ para toda a cobertura 3QBD.

Há necessidade de fazer um componente especial para as bordas frontais, uma vez que a medida padrão da galga não vale para a 1ª fiada de telhas.

Usando-se como referência o consumo de 0,015 m³/m² da cobertura convencional (item 4.1.1), temos a relação de 0,087 m³/m² para a laje forro mais leve, ainda assim consumindo um volume 5,8 vezes superior ao referido indicador.

Encaminhamentos da 2ª alternativa

A 2ª alternativa foi rejeitada pelo, ainda, alto consumo de madeira, o que elevaria os custos do sistema de cobertura para valores impraticáveis, acima dos recursos disponíveis pelas famílias para essa etapa de obra.

O peso do componente não chega a ser uma desvantagem, mas é preciso tomar cuidado com as condições a que serão submetidas as pessoas envolvidas na montagem e, mesmo, na produção.

4.2.2.3. 3ª alternativa - o componente de cobertura Painei viga forro

Emprega-se a viga composta com três camadas de tábuas justapostas faceando-se as larguras e alternando-se as emendas. Alternativa estudada em maio de 2004. Adota-se a galga da telha como uma medida de amarração para a confecção do componente e retira-se toda a madeira entre os pontos de apoio da telha (como nas alternativas 1 e 2), colocando em seu lugar o forro, que passa a formar o componente com as três peças de tábuas justapostas e alternadas, de

acordo com a **figura 40**. O forro faz um pequeno deslocamento por sob as 3 camadas de tábuas, a fim de permitir o encaixe do próximo componente. As lâminas do forro são, dessa maneira, peças curtas de aproximadamente 33 cm.

Figura 40. Painel viga forro - vistas do topo das tábuas. Terceira alternativa de sistema de cobertura.

Fonte: Desenhos do autor

Componente de cobertura composto por 3 tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade de seção 1,5 x 14 cm justapostas na maior face, (altura de 14 cm). A cobertura da casa modelo 3QBD demanda componentes com medidas de 2,70 m nos dois módulos centrais, e 3,40 m nos 4 módulos de borda (2,70 m, mais balanço de 70 cm).

O componente painel viga forro continua com o conceito de “galga” pré-fabricada, adotado na alternativa 2, mantendo-se a amarração com o tipo de telha que deverá ser empregada na obra.

No que diz respeito ao volume líquido de madeira, temos, para uma galga média de 33 cm, uma diminuição substancial em relação às alternativas anteriores. São empregados 34 componentes de 2,70 m e 68 componentes de 3,40 m. Considerando-se um forro de tábuas de 1,5 cm, temos os volumes de 0,0304 m³ e 0,0383 m³, para os componentes de 2,70 m e 3,40 m, respectivamente. O volume total da cobertura é de 3,638 m³.

Figura 41. Esquema de produção do componente e das alternâncias das tábuas para o sistema painel viga forro. 2 tipos de componente: 2,70 m e 3,40 m.

Fonte: desenhos do autor

Considerando-se a densidade do *Pinus elliottii* de 560 kg/m³, o componente de 2,70 m alcança 17,02 kg e o componente de 3,40 m, 21,45 kg, ambos na condição de madeira seca a 12% de umidade, conforme NBR 7190/97.

Meio de ligação estudado: pregos espiralados de 4 cm de comprimento.

Condições que viabilizavam a 3ª alternativa

- Madeira com baixo custo. O metro cúbico do *Pinus ssp* de 3ª qualidade é 30% mais barato que o mesmo *Pinus* de 1ª; além do emprego de peças curtas, mais em conta que as peças longas;
- Possibilidade de pré-fabricação no processo de produção;
- Resistência mecânica às cargas atuantes, em conformidade com a NBR7190/97;
- Possibilidade de produzir componentes maiores que o comprimento das tábuas de 190 cm, alternando-se a justaposição de umas contra as outras e alternando-se as emendas;
- Introdução do forro de tábuas como parte do componente, oferecendo mais acabamento ao interior da moradia – no plano inclinado da cobertura;
- Componentes muito leves; o de 2,70 m pesa 17,02 kg, e o de 3,40 m, 21,45 kg;
- Trabalhabilidade: facilidade de trabalhar a madeira de *Pinus spp* com ferramentas simples;
- Exequibilidade: facilidade de se executar os processos de produção. Com a diminuição do peso do componente, o manuseio fica mais fácil tanto nos deslocamentos da produção, quanto nos de montagem.

Condições que inviabilizavam a 3ª alternativa

Enquanto painel, o forro estava com o comprimento pequeno: 33,3 cm. A borda do painel do lado oposto ao que é fixado na viga composta pelas 3 camadas de tábuas, era instável, pois não tinha fixação até o momento da montagem.

As peças de forro ficavam com muitas “marcas” das emendas, além de aumentar o consumo de pregos de fixação do forro.

Há necessidade de fazer um componente especial para as bordas frontais, uma vez que a medida da galga das telhas não vale para a 1ª fiada de telhas.

Ainda que o volume tenha abaixado significativamente, para cobrir os 107,35 m² seria necessário o volume líquido de 3,645 m³ de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, ainda 2,3 vezes acima dos 1,609 m³ de madeira da cobertura convencional (item 4.1.1).

De qualquer maneira, deve-se levar em consideração que o custo das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade estava bem abaixo do preço de mercado das mesmas tábuas de 1ª qualidade. O que mereceria uma análise de custo do metro cúbico e volume de madeira utilizada.

Encaminhamentos da 3ª alternativa

A 3ª alternativa foi rejeitada pelas instabilidades do componente, enquanto painel, aumentando seu trabalho na fixação dos pregos e na não garantia de rigidez em um lado do componente.

Contribuiu para aumentar a rejeição a quantidade de emendas de forro em cada ambiente da casa, apesar da “boa intenção” em aproveitar pequenas dimensões das tábuas de *Pinus spp*.

Apesar das desvantagens, apresentou potencial pelas qualidades como baixo peso e consumo de madeira bem menor que as alternativas anteriores, merecendo estudos mais aprofundados de sua técnica construtiva que indiquem caminhos para uma solução mais viável.

4.2.2.4. 4ª alternativa – o componente de cobertura Painel viga forro com 2 vigas compostas

Empregam-se 2 vigas compostas com três camadas de tábuas justapostas em cada viga, alternando-se as emendas. Alternativa estudada em setembro de 2004. Continua com mesma opção da 3ª alternativa de usar a galga da telha como uma medida de amarração para a confecção do componente. O forro aumenta de tamanho (comprimento) a fim de dar maior estabilidade ao conjunto, de acordo com as **figuras 42 e 43**. Da mesma maneira que na 3ª alternativa, o tábuas do forro tem um pequeno deslocamento por sob a viga composta da borda do painel, permitindo o encaixe do próximo componente.

Figura 42. Sistema de cobertura em Painel viga forro com 2 vigas compostas. Fonte: desenhos do autor

O componente painel viga forro com 2 vigas compostas continua com o conceito de “galga pré-fabricada”, adotado nas alternativas 2 e 3, mantendo a amarração com o tipo de telha que deverá ser empregada na obra.

No que diz respeito ao volume de madeira, tem-se o mesmo volume de madeira de *Pinus spp* de 3ª qualidade da terceira alternativa, uma vez que não aconteceu alteração quanto à disposição final de montagem dos componentes. Então, o volume final continua com os mesmos 3,645 m³ da alternativa 3. Entretanto, a quantidade de componentes foi reduzida à metade. Agora temos

17 componentes de 2,70 m e 34 componentes de 3,40 m. Dessa maneira, os pesos são dobrados, passando o componente de 2,70 m para 34,04 kg, e o de 3,40 m para 42,90 kg.

O meio de ligação é o mesmo da alternativa 3, pregos espiralados de 4 cm.

Figura 43. Esquema de produção do componente e da disposição de tábuas para o sistema de cobertura Painel viga forro com 2 vigas compostas. Têm 2 tipos de componentes: 2,70 m e 3,40 m.

Fonte: Desenhos do autor

Condições que viabilizavam a 4ª alternativa

- Madeira com baixo custo. O metro cúbico do *Pinus ssp* de 3ª qualidade é 30% mais barato que o mesmo *Pinus* de 1ª, além do emprego de peças curtas, mais baratas que as peças longas;
- Possibilidade de pré-fabricação no processo de produção do componente;
- Resistência mecânica às cargas atuantes, em conformidade com a NBR 7190/97;
- Possibilidade de produzir componentes maiores que o comprimento das tábuas de 190 cm, justapositionando-se as tábuas umas contra as outras e arranjando-as de modo a desencontrar suas emendas;
- Introdução do forro como parte do componente – componente panelizado;
- Componente leve; o de 2,70 m, pesa 30 kg, e o de 3,40 m pesa 38 kg;
- Componente maior (que alternativa 3), sendo mais rápida a montagem;
- Trabalhabilidade: facilidade de trabalhar a madeira de *Pinus spp* com ferramentas simples;
- Exequibilidade: facilidade de se executar os processos de produção. Mesmo com o peso dobrado em relação à alternativa 3, continua com o manuseio fácil tanto nos deslocamentos da produção, quanto nos de montagem;
- Ganha em estabilidade, que era um dos problemas da alternativa 3.

Condições que inviabilizavam a 4ª alternativa

Apesar de o comprimento das lâminas de forro ter dobrado em relação à alternativa 3, as peças de forro continuam com muitas “marcas” das emendas; por exemplo: num quarto são

aproximadamente 12 linhas de telhas (não visíveis), portanto 6 emendas de forro. Incomoda bastante essa sua descontinuidade.

A instabilidade da borda do forro é melhorada, mas não de todo. O tamanho dobrado do forro não garante a indeformabilidade do conjunto.

Ainda que o volume tenha reduzido significativamente, para cobrir os 107,35 m² seria necessário o volume líquido de 3,645 m³ de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, perfazendo a relação de 0,034 m³/m², ainda 126% acima dos 0,015 m³/m², de acordo com o projeto de cobertura convencional (item 4.1.1).

Há necessidade de fazer um componente especial para as bordas frontais, uma vez que a medida da galga não vale para a 1ª fiada de telhas.

De qualquer maneira, deve-se levar em consideração que o custo das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade estão abaixo do preço de mercado das mesmas tábuas de 1ª qualidade. O que mereceria uma análise de custo do metro cúbico e volume de madeira utilizada.

Encaminhamentos da 4ª alternativa

A 4ª alternativa foi rejeitada pelas instabilidades (deformações exageradas com o componente pronto) ainda existentes no componente, enquanto painel, aumentando seu trabalho na fixação dos pregos e na não garantia de rigidez em um lado do componente.

Apesar de já apresentar potencial pelas qualidades como peso e consumo de madeira bem menor que as alternativas anteriores, mereceu a continuidade dos estudos para outra alternativa.

Conforme orientação do encaminhamento da 3ª alternativa, continua a indicação de uma atenção especial ao emprego da viga composta.

4.2.2.5. A 5ª alternativa – a VLP (Viga laminada pregada)

Aproveitando-se da última recomendação da 4ª alternativa, concentra-se a atenção para a viga composta, estudada em outubro de 2004. Ela é a justaposição de 3 camadas de tábuas de 1,5 x 14 cm e comprimento de 190 cm, conforme **figura 44**. Estudando-se as medidas e de acordo com os componentes necessários, 2,70 m e 3,40 m, alternam-se as emendas de maneira a sempre desencontrá-las.⁶⁴ (**figura 45**)

⁶⁴ Esse princípio norteou todos os estudos de vigas compostas, pois, dessa maneira, nas emendas sempre haverá 2 camadas contínuas. As emendas ao centro do vão foram evitadas devido à localização do momento fletor máximo.

O forro já não faz mais parte do componente. Ele entra como opção do morador após a finalização da cobertura. É a primeira vez que o nome “viga laminada pregada” aparece, passando, a partir de então, a denominar todos os componentes que dela derivaram.

Figura 44. Sistema de cobertura VLP - Viga laminada pregada

Fonte: Desenhos do autor

VLP é o componente de cobertura composto por 3 tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade justapostas pela maior face, (altura de 14 cm). O componente VLP deixa de usar o partido da “galga pré-fabricada” liberando-se da amarração com o tipo de telha que deverá ser empregada na obra. Entretanto, apresenta uma característica importante, que é a substituição dos componentes convencionais ripa, caibro e terça pelo componente VLP. Assim, a telha está diretamente apoiada sobre a face superior da VLP.

O volume de madeira é reduzido, em relação às alternativas anteriores, uma vez que o forro passa a ser opcional para as famílias, ou seja, caso elas optem por empregá-lo, deverão arcar com custos em separado das demais famílias. Serão 34 VLP de comprimento 2,70 m e 68 VLP de comprimento 3,40 m, tendo o volume de 0,5783 m³ e 1,4566 m³, respectivamente. Totalizando 2,0349 m³ para toda a cobertura. Fazendo-se a comparação da relação de 0,015 m³/m² de madeira da trama da cobertura convencional (item 4.1.1) com o valor de 0,019 m³/m² da 5ª alternativa, temos um aumento de 26,67% .

Figura 45. Esquema de montagem dos 2 tipos de componentes VLP de comprimentos 2,70 m e 3,40 m.

Quanto ao peso, os componentes são leves e fáceis de serem manipulados, pesando 9,52 kg o componente de 2,70 m, e 12,00 kg o de 3,40 m, para a densidade de 560 kg/m³ a 12% de umidade. O meio de ligação continua sendo o mesmo da alternativa 3 - pregos espiralados de 4 cm.

Condições que viabilizavam a 5ª alternativa

- Madeira com baixo custo. O metro cúbico do *Pinus spp* de 3ª qualidade é 30% mais barato que o mesmo *Pinus* de 1ª;
- Possibilidade de pré-fabricação no processo de produção;
- Resistência mecânica às cargas atuantes em conformidade com a NBR 7190/97;
- Possibilidade de produzir componentes maiores que o comprimento das tábuas de 190 cm, justapositionando-se as tábuas umas contra as outras e alternando-se as emendas.
- Trabalhabilidade: Componente muito leve e de fácil manipulação da madeira de *Pinus spp* empregando-se ferramentas simples;
- Exequibilidade: facilidade de se executar os processos de produção e montagem, devido principalmente à leveza da matéria-prima e o peso final do componente.
- Não necessita de um componente especial para a 1ª fiada de telhas, pois a VLP da borda frontal é simplesmente posicionada, como todas as outras, porém alterando-se a medida da galga.

Encaminhamentos da 5ª alternativa

Com a inclusão dos demais componentes da estrutura de apoio, o volume das VLP, ainda assim, não é exagerado. Provavelmente, o consumo ultrapassará a relação estabelecida por Damiano (2004), que é de 0,025 m³/m². O forro não entra mais como parte do componente. A cobertura das casas não tem, obrigatoriamente, o acabamento do forro. Passa a ser uma opção a cargo da família, fora do valor financiado para a construção da casa.

Aplicando-se os mesmos critérios que foram adotados para todas as outras alternativas, e considerando-se o índice de consumo de madeira, pode-se dizer que o volume de *Pinus spp* de 3ª qualidade da 5ª alternativa não é alto; quando se leva em consideração o custo do metro cúbico dessa madeira, temos a vantagem do conjunto das VLP. O seu custo em março de 2005,

era de R\$198/m³; ficou abaixo do custo médio das madeiras⁶⁵ do sistema convencional, que estava em R\$500/m³, na região de Itapeva.

Esses valores balizaram o **quadro 8**, que apresenta um resumo das 5 alternativas estudadas para a trama e as compara com os valores da trama do sistema de cobertura convencional.

Quadro 8 – Principais características das alternativas dos sistemas de cobertura de Pirituba. Fonte: autor

Alternativas	Componente			Cobertura		
	Comprimento (m)	Peso ¹ (kg)	Volume (m ³)	Volume (m ³) ²	Consumo (m ³ /m ²)	Custo total ³ (R\$)
1ª - Laje-forro maciço	2,70 m	63,50	0,1134	15,029	0,140	2.975,74
	3,40 m	79,97	0,1428			
2ª - Laje-forro mais leve	2,70 m	42,39	0,0758	9,263	0,087	1.834,07
	3,40 m	55,38	0,0989			
3ª - Painel viga forro c/ 1 viga	2,70 m	17,02	0,0304	3,645	0,034	721,71
	3,40 m	21,45	0,0383			
4ª - Painel viga forro c/ 2 vigas	2,70 m	34,04	0,0608	3,645	0,034	721,71
	3,40 m	42,90	0,0766			
5ª - VLP simples	2,70 m	9,52	0,01701	2,035	0,019	402,93
	3,40 m	12,00	0,02142			
Cobertura convencional	-	-	-	1,609	0,015	804,50

Observações: 1. Densidade aparente da madeira de *Pinus elliottii*, conforme NBR 7190/97

2. Corresponde ao volume de madeira da trama da cobertura, não considera a estrutura de apoio.

3. As tábuas de *Pinus* de 3ª estavam cotadas a R\$198/m³ em 03/2005. O valor de R\$500/m³ representa média do valor que as famílias pagaram para o gênero *Eucaliptus* – 05/2005.

As alternativas propostas até o momento dizem respeito às madeiras da parte constituinte da trama, que correspondem, no sistema convencional, às ripas, caibros e terças.

As informações detalhadas do sistema de cobertura convencional - seção e comprimento das peças, entreeixos e volumes individuais - se encontram na **figura 32** e no texto que precede a apresentação da alternativa 1 no item 4.1.1 deste capítulo.

Pelo **quadro 8**, pode-se constatar que, apesar do menor consumo de madeira da cobertura convencional em relação a todas as alternativas com tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, esta apresenta custo total maior que as alternativas 3, 4 e 5. Nota-se a grande diferença de custo total de madeira com a alternativa 5, mesmo que o consumo esteja mais próximo – 0,019 m³/m² da VLP simples, contra 0,015 m³/m² da cobertura convencional com *Eucaliptus*.

4.2.2.6. O projeto executivo dos componentes VLP simples de 2,70 m e 3,40 m

O sistema de cobertura VLP, dando continuidade à apresentação feita da 5ª alternativa, foi rapidamente desenvolvido pelos pesquisadores do Habis no período de outubro a dezembro de 2004, conforme o Relatório Trimestral 4 de Habis (2005a). “Em dezembro de 2004, ocorreu a capacitação para a produção da viga laminada pregada (VLP). Mas, somente em janeiro de

⁶⁵ Foram encontradas diversas espécies no mercado da cidade de Itapeva - SP; para efeito de comparação, será adotado o preço do eucalipto serrado em maio de 2005.

2005, iniciou-se a produção em escala para as 49 habitações⁶⁶.” O projeto Inovarural estava ‘a todo vapor’, as casas estavam sendo construídas e, prontamente, os componentes das coberturas já seriam solicitados. Conforme esse mesmo relatório, podem-se observar os resultados dos ensaios⁶⁷, onde foi decidido o uso de pregos maiores atravessando, mesmo passando as 3 camadas na espessura da VLP, de acordo com a **figura 46**. A parte do prego que excedia as 3 camadas de tábuas de *Pinus spp*, foi, então, dobrada com o martelo, aumentando sua resistência ao arrancamento. O prego de aço 17x27 liso, segundo dados do fabricante, tem 62 mm de comprimento. Com isso, aumentou o coeficiente angular (CA) que, por ser diretamente proporcional, aumentou também o módulo de elasticidade (E) da VLP, garantindo vencer o vão de 2,70 m com a seção composta de 4,5 x 14 cm. Vale ressaltar que a disposição dos componentes, paralelamente à linha da cumeeira, já estava definida. Ou seja, os componentes VLP de comprimento 2,70 m se apoiariam sobre as paredes inclinadas dos dois módulos internos, e as VLP de comprimento 3,40 m se apoiariam sobre essas mesmas paredes inclinadas dos 4 módulos da borda, avançando 70 cm nas laterais dos oitões⁶⁸.

Figura 46. Detalhe do meio de ligação – pregos de aço 17x27 liso. Antes e depois de dobrados.

Fonte: desenho do autor

Outra decisão, decorrente dos ensaios, foi a mudança do prego espiralado (mais caro) para o prego liso de aço – mantendo-se as demais especificações. Uma vez que o prego seria dobrado, não havia a necessidade de pagar mais caro pelo prego espiralado, cuja principal característica (aumento da resistência ao arrancamento) seria absorvida pela dobradura da parte do prego liso, que excedia a largura do componente, conforme representa a **figura 46**. 2 pregos são fixados

⁶⁶ De fato, esse início de produção em jan/2005, atendeu à demanda de componentes de cobertura para a casa do Camilo, que finalizou parcialmente sua cobertura em fevereiro. As demais famílias iniciaram em maio/2005.

⁶⁷ Os resultados dos ensaios se encontram no apêndice desta tese e são produto de pesquisas empreendidas pelo Prof. José Nivaldo Garcia e o mestrando Marco Aurélio Melotto, DCF/ESALQ/USP, para a determinação do módulo de elasticidade (E) da VLP e dos meios de ligação (pregos anelado, espiralado e liso).

⁶⁸ Oitões são caracterizados pelas paredes laterais externas geralmente com suas linhas superiores inclinadas. Também são conhecidas como “empenas”.

em uma face da VLP simples, próximos à borda, e o 3º prego é fixado na outra face e ao centro; todos os pregos são dobrados.

Para a confecção da VLP de comprimento 2,70 m, foram necessárias 3 medidas de comprimento de tábuas de *Pinus spp* de 1,5 x 14 cm. Levando-se em consideração que existiam algumas tábuas com fissuras de topo (característica inerente da madeira serrada), fez-se um aproveitamento do máximo do comprimento da tábua de 190 cm, a fim de evitar desperdícios. Com isso, foram recortados comprimentos com 45, 90 e 180 cm, conforme pode ser observado na **figura 47**, que também apresenta a disposição das tábuas, evitando emendas sobrepostas⁶⁹ e emendas ao meio do vão. Na **figura 48**, pode ser vista, também, a disposição dos pregos ao longo da VLP de comprimento 2,70 m. Foram adotadas 3 linhas com 12 pregos em cada uma, ou seja, 36 pregos 17x27 por componente de 2,70 m.

Figura 47. Desenho final da VLP de comprimento 2,70 m e medidas das diferentes tábuas de *Pinus spp*

Fonte: Desenhos do autor

Considerando-se a espessura final da VLP de 4,5 cm e comprimento do prego de 6,2 cm, este passa além da espessura do componente, aproximadamente 1,7 cm. Esse excesso é dobrado.

Na fixação dos pregos, tomou-se o cuidado de afastá-los 3 cm da borda, evitando, com isso, além do rachamento da madeira, danos aos equipamentos (discos de serra, fresas e facas) na etapa de acabamento do componente, conforme pode ser verificado na **figura 47**. Observe-se que os pregos são dobrados para o lado interno do componente.

⁶⁹ Sempre que houver uma emenda nos componentes VLP, esta se dará em apenas uma das camadas e sempre de maneira alternada com as demais camadas.

Resolvida a VLP de comprimento 2,70 m, passou-se a desenvolver a VLP de comprimento 3,40 m. Relembrando-se que esse componente deveria vencer os mesmos 2,70 m, entre os apoios das paredes, porém, avançar mais 70 cm no beiral lateral da casa.

Figura 48. VLP comprimento 2,70 m com detalhes da fixação dos pregos e disposição das tábuas

Fonte: Desenhos do autor

A VLP com 3,40 m de comprimento emprega os mesmos pregos que o componente de 2,70 m - o 17x27. Quanto à disposição, apresenta diferença no beiral, como pode ser visto na **figura 49**. A quantidade de 'posições de fixação' dos pregos passa de 12 para 15, ou seja, 45 pregos 17x27 lisos e de aço, ao longo do componente. Os demais detalhes (passar além da espessura e dobrar a distância da borda, etc) repetem os mesmos da VLP de 2,70 m.

Para a confecção da VLP de comprimento 3,40 m, foram necessários 4 comprimentos diferentes de tábuas de *Pinus spp* de 1,5 x 14 cm. Fazendo o melhor aproveitamento das tábuas de 190 cm, foram recortadas peças com 70, 90, 160 e 180 cm. Pode ser observada a disposição das tábuas, evitando-se emendas sobrepostas e emendas ao meio do vão, além do detalhe no beiral.

Figura 49. VLP de comprimento 3,40 m, com detalhe de fixação dos pregos e disposição das tábuas

Fonte: Desenho do autor

4.2.2.7. O projeto executivo dos componentes da estrutura de apoio

Após a experimentação dos componentes da trama da cobertura - VLP simples de 2,70 m e 3,40 m - na casa do Camilo e assentamento dos revestimentos cerâmicos, duas questões foram encaminhadas pela assessoria: primeira (não exatamente uma pergunta, mas uma constatação), que os componentes VLP simples de 2,70 m e 3,40 m tiveram bom desempenho técnico e aceitação pelas famílias, tanto na produção como na montagem; e segunda, que os componentes empregados na estrutura de apoio – a meia-tesoura na cozinha e as mãos francesas nos beirais posteriores – precisavam ser aprimorados. A montagem da cobertura da casa do Camilo deixou descoberta a varanda, pois ainda não se sabia como seria a sua estrutura de apoio. Esperou-se pelo desenvolvimento dos seus componentes para a montagem definitiva da varanda.

4.2.2.7.1. A viga da cozinha – o desenvolvimento da VLP composta

Numa avaliação realizada após a montagem da cobertura da casa do Camilo, pesaram as desvantagens técnicas e construtivas da meia-tesoura sobre o vão da cozinha - 1ª alternativa da viga da cozinha (desenho 'a' da **figura 50**). Neste componente foram utilizadas as mesmas tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade empregadas na VLP simples. Porém, durante a produção deste componente, foram tiradas as primeiras conclusões. Primeiro, que se consumia madeira demasiadamente, aumentando seu custo; e segundo, que apresentava baixa produtividade, dispensando tempo elevado para a confecção de um componente.

Ficou decidido que se deveria desenvolver uma outra alternativa para esse componente da cobertura. O ponto de partida foi sempre o aproveitamento das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, recurso local já empregado na produção das VLP simples. Os dados continuavam os mesmos, quais sejam: vencer o vão de 3,60 m da cumeeira até o frechal na região da cozinha e suportar a carga de cobertura (VLP simples + forro + telhas) de 100 kgf/m² distribuídos em 9,72 m² de superfície (3,60 m do vão vezes os 2,70 m da largura de influência das VLP simples).

Como alternativa à meia-tesoura, foi estudada a viga vagão. Esta empregaria uma viga com a mesma técnica construtiva da VLP simples empregando as tábuas de *Pinus spp*, formando um banzo único, conforme indicações do desenho 'b' da **figura 50**. Nas suas extremidades, estariam localizados fixadores de apoio para a haste metálica. Esta haste trabalharia a tração e estaria afastada do banzo ao centro do vão por um elemento de madeira.

Figura 50 – Alternativas de vigas para o vão da cozinha. Fonte: HABIS (2005a)

Apesar do baixo consumo de madeira, essa alternativa apresentou um custo elevado, aproximando-se ao alcançado com a meia-tesoura. Seus elementos de fixação metálicos e a

haste metálica exigiam precisão de instalação e uso de instrumentos que dificultariam o seu emprego no contexto do assentamento. Além disso, a produtividade de um componente na marcenaria seria elevada. Não se chegou a construir um protótipo, e este modelo não foi ensaiado.

Uma terceira alternativa foi então encaminhada, sempre visando aproveitar as mesmas tábuas de *Pinus spp* empregadas na produção da VLP simples. Foi desenvolvida uma viga composta de banzos paralelos empregando-se as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade (desenho 'c' da **figura 50**). Esta terceira alternativa recebeu inicialmente o nome de viga composta. Porém, sua proximidade técnica e construtiva com a VLP simples e o fato de ser composta por dois banzos paralelos induziram-na à denominação de viga laminada pregada composta, ou simplesmente, "VLP composta".

A principal diferença entre a VLP composta e a VLP simples estava no fato de a primeira ter o dobro da altura (2 banzos superpostos, alcançando 27cm) e maior comprimento (3,86m de comprimento final). Apesar das semelhanças construtiva, a VLP composta se diferenciava da VLP simples, também, pelas características estruturais e condições a que estava exposta. Tanto o banzo superior como o inferior têm a mesma quantidade de camadas que a VLP simples, porém, na camada do meio da VLP composta, estão dispostas peças verticais que fazem a transição dos esforços de um banzo para o outro - ao todo, são 5 peças verticais (2 em cada extremidade e 3 distribuídas ao longo do componente). As camadas externas dos banzos têm apenas 2 emendas. As camadas estão dispostas de maneira a alternar as emendas. Ao longo da VLP composta, sempre que houver uma emenda de topo, outras duas camadas são contínuas, isto é, quando uma camada é interrompida por uma emenda, outras duas estarão atuando para a continuidade da transmissão da carga, diminuindo a fragilidade da emenda. (**figura 51**) O elemento de ligação utilizado foi o prego de aço liso com cabeça de 17x27 (3x64mm), tendo os mesmos detalhes aplicados na VLP de 2,70 m (dobradura).

Após o ensaio da primeira versão da VLP composta, esta apresentou deslocamento excessivo no centro do vão. Não houve ruptura do corpo de prova, mas seria imprudente não resolver essa questão. Partiu-se para o desenvolvimento de uma segunda versão da VLP composta. No item 4.3.3 serão apresentados os ensaios pelos quais a VLP composta passou até se chegar à versão definitiva, que é apresentada na **figura 51**.

Figura 51. 2ª versão da VLP composta. *Desenho definitivo* Fonte: desenhos do autor

A 2ª versão da VLP composta pode ser classificada como uma viga composta biapoiada de banzos paralelos com afastamento de 5 cm entre os banzos. Esses banzos têm uma seção composta de 6 tábuas de *Pinus spp* de 1,5 x 13,5 cm. A VLP composta tem 32 cm de altura e 3,86 m de comprimento. Construtivamente, são confeccionadas duas vigas compostas, ou, dois componentes (de seção 4,5 x 32 cm e comprimento 3,86 m), que, posteriormente, são unidos por meio de barras rosçadas de 3/8 obtendo-se a seção final de 9,0 x 32 cm. A montagem final dos dois componentes se realiza no canteiro, e deixam-se as faces com os pregos dobrados voltadas para dentro, de modo que as faces com melhor acabamento (cabeça dos pregos) fiquem voltadas para fora.

Conseguiu-se o recorte de apenas 3 tamanhos de tábuas de *Pinus spp* – 32 cm, 66 cm e 166 cm – facilitando o serviço de destopos na marcenaria e simplificando a montagem do componente, mesmo que fossem utilizados apenas 2 componentes por casa (os dois se uniriam em apenas 1 componente). Pode-se dizer o mesmo da pregagem, conforme as cotas indicadas nos desenhos da **figura 51**. Ao todo, foram utilizados 204 pregos 17x27 em cada VLP composta, ou 408 nas duas, para cada casa.

4.2.2.7.2. A viga do beiral – o desenvolvimento da VLP do beiral

O desenvolvimento dos componentes da estrutura de apoio continua com os estudos da VLP do beiral. Esse componente sustentaria as VLP simples de 2,70 m e 3,40 m nos beirais posteriores da casa modelo 3QBD. Seguindo o mesmo padrão dos componentes, descritos anteriormente, usaram-se, de forma mais simplificada, as 3 camadas de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, pois, por se tratar de um componente curto – beiral de 90 cm –, não havia necessidade de emendas nas 3 camadas.

Buscou-se um desenho que apresentasse uma sensação de leveza ao componente, aliando, ao mesmo tempo, a função estrutural à questão estética. Então, conforme se pode observar nos desenhos da **figura 52**, a altura do componente, no apoio sobre a parede, tem a medida da tábua, 14 cm. À medida que se alcança a extremidade do beiral, essa medida vai se “afinando”. Essa diminuição da altura agradou bastante aos moradores, pelo aspecto estético, além de evitar que a água da chuva batesse de frente no topo exposto do componente.

Diferentemente dos demais componentes na VLP do beiral, foram empregados pregos 15x15 em 19 posições (13 em uma face e 6 posições na outra face). Eles tinham medidas que não passavam a largura total do componente. Assim, contavam com pregagem nas duas faces do componente, conforme pode ser observado na figura acima.

No aspecto estrutural (funcional), tirou-se partido dos esforços que atuam num beiral: tração e compressão. Usou-se a tábua de *Pinus spp* da camada interna para exercer a maior parte da força de tração. Ancorada na parede do frechal e no plano inclinado das VLP simples, ela vai inteira até a extremidade do balanço. As outras duas camadas (1ª e 3ª) externas são inteiras, porém, no plano horizontal. Assim, elas exercem a força de compressão, transmitindo o peso da extremidade do balanço, no contato com a parede do frechal.

Figura 52 - Desenhos da VLP do beiral Fonte: desenhos do autor

4.2.2.7.3. A viga da varanda – o desenvolvimento da VLP da varanda

A VLP da varanda foi o último componente da estrutura de apoio a ser desenvolvido para o sistema de cobertura VLP das casas de Pirituba II. Observando-se a planta baixa da **figura 53**, e procurando-se não alterar o plano inclinado das VLP simples de 2,70 m e 3,40 m, a VLP da varanda está apoiada na parede do frechal, por um lado, indo apoiar-se no topo do pilar da varanda, no outro lado, quando sai em balanço de 90 cm. O desenho do beiral da VLP da varanda, após o apoio sobre o pilar da varanda, repete o desenho da VLP do beiral e os mesmos princípios de distribuição dos esforços, encaminhando as forças de compressão e demais cargas para o pilar.

Dessa forma, na casa modelo 3QBD, temos 4 VLP de varanda em toda a frente da casa; uma para cada pilar. No modelo 3QBF, onde existem apenas 3 pilares na varanda, temos 3 VLP de varanda. Essas informações podem ser observadas nas **figuras 20, 21 e 28**.

A técnica construtiva da VLP da varanda retoma o princípio das VLP simples: 3 camadas de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade de seção 1,5 x 14 cm e comprimento 190 cm, na linha em que se encontrasse uma emenda; as outras duas camadas, nessa mesma linha, teriam tábuas contínuas. O vão livre da varanda, definido pelo projeto de arquitetura, é de 1,80 m. Para a medida do beiral, procurou-se levar para o mais longe possível a água da chuva, uma vez que não se usariam calhas para a coleta d'água, evitando-se, dessa forma, que os respingos da queda prejudicassem os pés dos pilares da varanda ou mesmo as paredes. Assim, o balanço do beiral da varanda ficou em 90 cm.

Figura 53. Desenhos da VLP da varanda – projeto definitivo

Fonte: desenhos do autor

Como na VLP do beiral, a VLP da varanda utiliza pregos 15x15. Esse emprego deve-se ao fato deste componente encontrar-se aparente.

Considerando-se a inclinação da cobertura de 30% e que parte do componente estaria apoiando-se na parede do frechal, o seu comprimento total chegou aos 2,82 m. Os desenhos da

figura 53 complementam mais detalhes sobre esse componente, como cota de pregagem e tamanho das tábuas de *Pinus spp.* Diferentemente da VLP composta, a VLP da varanda possui grande quantidade de medidas de comprimento de tábuas, o que não chegou a criar um problema, pois eram apenas 4 componentes por casa, ao contrário das VLP simples de 2,70 m e 3,40 m, com 34 e 68 componentes por casa, respectivamente.

4.2.3. Participação das famílias no desenvolvimento do projeto da cobertura

Pode-se dizer que o processo de participação das famílias no desenvolvimento do sistema de cobertura das casas de Pirituba II aconteceu muito antes do início do desenvolvimento do projeto das casas. O trabalho de SHIMBO L. (2004) foi o primeiro a introduzir o assunto sobre o tema da cobertura que, posteriormente, definiu a forma do telhado. Em abril de 2003, foram apresentados modelos tridimensionais (maquetes) das casas e plantas arquitetônicas (**figura 54**). Foram discutidas, também, as alternativas de cobertura e introduzida a discussão sobre os materiais de construção. Sobre o processo de escolha da cobertura, Shimbo L. (2004) apresenta o seguinte:

“[...] foram apresentados três tipos diferentes de cobertura: duas águas com cumeeira (tradicional); duas águas sem cumeeira desencontradas, possibilitando abertura na cobertura e uma água só (também poderia colocar janela). Os modelos de uma água e duas águas desencontradas causaram estranhamento: Eliana, por exemplo, não imaginava que o forro pudesse ser inclinado, acompanhando o telhado.”

Figura 54. Momentos da reunião de abril de 2003, quando da discussão da forma da cobertura com a apresentação das maquetes para as famílias em Pirituba II.

Fonte: fotos do Grupo Habis

Nesse encontro entre a assessoria e famílias foram, ainda, apresentadas por SHIMBO L. (2004) as vantagens e desvantagens dos três modelos de coberturas, quando elas puderam expor suas experiências e impressões. E as principais questões ocorreram sobre a construtibilidade e consumo de materiais, segundo as falas dos moradores retiradas de Shimbo L. (2004):

“[...] sobre a cobertura de duas águas com cumeeira, Almir⁷⁰ falou as seguintes vantagens: ‘facilita a mão de obra e economiza mais madeira, pois, ao invés de cortar madeira, coloca ela inteira’. Rapidamente, passei para a de uma água, e Eliana⁷¹ disse que ‘era mais fácil ainda’. Osvaldo⁷², que já trabalhou como pedreiro, ponderou o seguinte ‘em matéria de economia de material, o modelo com cumeeira, economiza mais, pois, o modelo com uma água precisa aumentar a altura da parede em todo o comprimento da casa e que, na frente (no oitão) seria aumentado só um pouquinho, no vértice do triângulo’.”

A dinâmica do processo de escolha do modelo de cobertura pelas famílias de Pirituba, dentro do projeto Inovarural, alimentou as discussões dentro dos subgrupos, sem a presença dos pesquisadores, conforme citado em Shimbo L. (2004): “[...] em meados de maio (2003 – n.a.) numa reunião da coordenação geral, cada coordenador colocou a escolha de seu subgrupo, não sendo, portanto, uma escolha individual. Dos seis subgrupos existentes, apenas metade realizou tal reunião e, em todos, a escolha foi pela cobertura com duas águas com cumeeira e telha de barro.”

Vale ressaltar, nesse processo de decisão e escolha, a estratégia adotada por Shimbo, L. (2004); a autora adotou a maquete como meio de comunicação e expressão das 3 alternativas da cobertura. Desta forma, fez que as 62 famílias (presentes às reuniões) interagissem com um modelo reduzido e escolhessem a forma da cobertura de sua futura casa. Esta estratégia facilitou a compreensão, a leitura das intenções - decodificadas pelo arquiteto e transformadas em alternativas – e a comunicação das famílias entre si e com os assessores.

Após esses momentos, os grupos, em sua maioria, decidiram pela cobertura em duas águas com cumeeira e telhas de barro (cerâmica queimada). Essas decisões das famílias junto com os assessores, nesse momento do Projeto Inovarural, foram fundamentais e determinaram todos os encaminhamentos posteriores relativos às coberturas das casas do Assentamento Rural Pirituba II. Apesar de que, passado esse momento de escolha da forma da cobertura, as famílias ainda não contavam com a garantia de financiamento de suas casas e muitas outras etapas de obra precediam a etapa da cobertura, por exemplo, as fundações e instalações básicas, dentre outras tantas. Dessa maneira, os estudos sobre o projeto técnico de arquitetura se concentraram sobre outros sistemas e subsistemas.

A participação das famílias no processo de desenvolvimento do sistema de cobertura VLP das casas de Pirituba II se resumiu a esses momentos iniciais, com a participação da pesquisadora

⁷⁰ Nome fictício de morador de Pirituba II

⁷¹ *idem*

⁷² *ibidem*

citada e aos momentos que precederam a apresentação dos componentes VLP simples e VLP composta em assembleias. No caso específico das 42 novas casas que seriam candidatas a adotar o sistema de cobertura VLP, foi quando 6 famílias decidiram por empregar o sistema de cobertura convencional. Ao final 36, casas empregaram o sistema de cobertura VLP.

4.3. Processo de experimentação no laboratório do sistema de cobertura VLP

A experimentação dos componentes do sistema de cobertura VLP se deu basicamente com a VLP simples e a VLP composta. A primeira era o componente principal da trama da cobertura e resultado das 5 alternativas que foram desenvolvidas; era o componente mais importante da estrutura de apoio, ou seja, de maior responsabilidade estrutural. Os demais, apesar de sua importância para o conjunto da cobertura, dispensaram ensaios, mas foram verificados os dimensionamentos de acordo com a NBR 7190/97, que foi aplicada em todos eles.

Os ensaios⁷³ com a VLP simples e a VLP composta aconteceram no Laboratório de Estruturas do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz – DCF/ESALQ/USP, entre junho de 2004 e abril de 2005.

Em seguida ao ensaio da VLP simples, esta foi produzida na marcenaria do assentamento em quantidade suficiente para a experimentação na casa do Camilo. Os componentes da estrutura de apoio - a viga da cozinha (tesoura composta com tábuas de *Pinus*) e os beirais (com madeira maciça de *Eucaliptus*) - foram produzidos com base no desenho do sistema convencional, em meia-tesoura e em mão-francesa, respectivamente.

Experimentadas a produção de componentes VLP simples de 2,70 m e 3,40 m e a montagem deles na casa do Camilo, viu-se a necessidade de desenvolver componentes mais adequados para a estrutura de apoio. A partir desse momento, a VLP composta foi desenvolvida, o que resultou nos ensaios que serão apresentados nas páginas seguintes.

Denominada a parte 2 da cadeia de produção do sistema de cobertura VLP, o processo de experimentação em laboratório utiliza-se da **figura 55** para a apresentação das suas etapas. Na primeira coluna estão as entradas necessárias para cada etapa, ou as condições necessárias para que a etapa aconteça. A segunda coluna é a etapa a ser apresentada – no caso da “experimentação em laboratório” são 3 etapas. Em seguida estão as saídas, ou o que resulta como consequência das experimentações, sem necessariamente ser apenas o resultado de

⁷³ Sob a responsabilidade do professor dr. José Nivaldo Garcia do DCF/ESALQ/USP

cada etapa, por exemplo, os resíduos da produção dos protótipos. Por fim, na última coluna, são feitos os comentários de cada etapa.

Figura 55 – Fluxograma do processo de experimentação em laboratório dos componentes VLP. Fonte: Grupo Habis e autor

4.3.1. Ensaios da VLP simples

Vários estudos foram realizados até se chegar à VLP simples, conforme apresentação das alternativas de 1 a 5. Definida a alternativa 5 como a que seria aplicada na cobertura das casas - a VLP simples de 2,70 m e a VLP simples de 3,40 m – e prevendo-se a possibilidade de experimentar o sistema de cobertura VLP na casa do Camilo, foram realizados ensaios nos

meses de setembro à novembro de 2004, a fim de verificar o desempenho da VLP simples e de seus meios de ligação (pregos). A parceria com o DCF da ESALQ/USP permitiu a utilização do Laboratório de Engenharia da Madeira para a realização dos ensaios⁷⁴ com as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, a fim de obter o seu módulo de elasticidade (E) e o desempenho do componente frente às solicitações da cobertura da casa do Projeto Inovarural.

Foram empregadas tábuas com espessura um pouco maior (1,6 cm), que será chamada de base, e largura de 14 cm, que será chamada de altura. Numa primeira verificação do dimensionamento, foi usada a NBR 7190/97. Foram obtidos os seguintes valores:

Madeira: tábuas de *Pinus elliotii* de 3ª qualidade

Dimensões da tábua: 1,6 x 14 cm (base x altura), comprimento = 190 cm

Dimensões da VLP: 4,8 x 14 cm (base x altura); usa-se 3 tábuas de comprimentos diferentes

Vão a ser vencido pela VLP: $l = 2,70$ m ou $l = 270$ cm

Densidade aparente: $D_{ap} = 560$ kg/m³

Inércia: $I_x = 1097,6$ cm⁴

Equação Módulo de Elasticidade. $E = \frac{l^3 CA}{4 b h^3}$

Módulo de elasticidade: $E = 40.000,00$ kgf/cm²

(ver resultados no **apêndice 1**)

Peso próprio: $pp = 10,2$ kg

Peso próprio distribuído: $q_1 = 3,76$ kgf/m

Carga por área: 100 kgf/m²

Carga distribuída: $q_2 = 32$ kgf/m

Somatória da carga distribuída: $q = q_1 + q_2 \rightarrow q = 35,76$ kgf/m ou $q = 0,3576$ kgf/cm

Flecha admissível: $l / 300 \rightarrow 270/300 \rightarrow f_{adm} = 0,90$ cm

Onde:

l = vão a ser vencido

CA = coeficiente angular; relação entre esforço e deslocamento nos ensaios

$$CA = \Delta P / \Delta l$$

B → base da VLP

h^3 → altura da VLP

ΔP → variação dos esforços

Δl → variação dos deslocamentos

Equação aplicada p/ Flecha, $F = \frac{5 q l^4}{384 E I_x}$

Flecha resultante = 0,86 cm < flecha admissível

O critério da flecha aprova o componente

Onde:

q = somatório da carga distribuída

l = vão a ser vencido

E = módulo de elasticidade das tábuas de *Pinus* de 3ª qualidade 'ensaiado' no LEM/DCF/ESALQ

I_x = Momento de inércia da VLP

No mesmo ensaio onde se obtiveram o módulo de elasticidade e a comprovação da VLP para as condições expostas, foram ensaiadas 12 vigas VLP simples de 2,70, com diferentes pregos (liso, anelado e espiralado) e diferentes espaçamentos. Os resultados (ver **apêndice 1**) indicaram que os valores do módulo de elasticidade entre os dois tipos de pregagens não foram tão diferentes; o que não justificava a adoção de um espaçamento que consumisse mais pregos. Foi

⁷⁴ Idem nota 23

adotado o espaçamento de 30 cm conforme pode ser observado na **figura 48** da VLP simples de 2,70 m.

Os ensaios indicaram resultados parecidos para os pregos. Com o prego liso foi adotada uma técnica não convencional, qual seja, a adoção de um prego mais comprido que a largura do componente (ver **figura 46**) dobrando-se a parte que excedia, aumentando sua resistência ao arrancamento. Esta técnica de pregagem aumentou pouco o módulo de elasticidade das VLP simples ensaiadas, porém o maior ganho foi com o custo final do componente. Os pregos lisos custam menos que os pregos espiralados e anelados e, no caso da técnica adotada, têm maior resistência ao arrancamento.

Os resultados de ensaio no laboratório da ESALQ confirmaram que a VLP simples produzida com o sistema de pregação adotado, resiste aos esforços aos quais estariam submetidos em serviço. Havia, ainda, que verificar como se daria a produção fora do contexto de laboratório, com uma equipe de mão de obra a ser capacitada.

4.3.2. Experimentação na casa do Camilo

A casa do Camilo foi a única moradia do Projeto Inovarural executada com vedação de paredes em adobe⁷⁵. Foi também a primeira moradia a finalizar o levantamento das paredes (adobe). Em fevereiro de 2005, por decisão tomada em assembleia do 'Grupão', a assessoria experimentou a aplicação do sistema de cobertura VLP na casa do Camilo. Nessa oportunidade, seriam capacitados os 2 mestres de obras e os líderes dos grupos das famílias. Porém, no dia da experimentação estavam presentes apenas os mestres e 3 integrantes das famílias, além da assessoria que acompanhou a montagem da cobertura com as VLP simples. Apesar da baixa participação das famílias, essa capacitação foi importante para a competência dos mestres de obras quando tomaram contato com o sistema de cobertura VLP, aprendendo a montá-lo, e para que a assessoria fizesse uma avaliação do sistema.

Apesar da baixa participação das famílias na montagem da cobertura da casa do Camilo, quando esta estava por fim coberta com as VLP, as demais passaram a compreender mais claramente como funcionava o inovador sistema de cobertura. Esse 'olhar' da casa pronta, por mais que não tenha tido uma participação das famílias como esperava a assessoria, contribuiu para a sua legitimação e aceitação. A maioria delas, reunidas em assembleia no dia 4 de fevereiro⁷⁶, aprovou a aplicação do sistema de cobertura VLP em suas casas. Apenas um grupo

⁷⁵ Técnica construtiva que usa terra crua para a confecção de tijolos maciços. No caso de Pirituba, o adobe teve função de vedação (paredes) estrutural

⁷⁶ Conforme relato da assembleia no Relatório 5 em HABIS 2005a

de 5 famílias persistia com dúvidas e preferiu continuar com o sistema de cobertura convencional. A **figura 56** apresenta algumas imagens da montagem da casa do Camilo e destaca as etapas de montagens do sistema de cobertura VLP com detalhes dos componentes da trama e os provisórios da estrutura de apoio.

Figura 56 – Etapas da montagem da casa do Camilo (3 e 4/2/2005). Fonte: fotos do Grupo Habis

Ressaltando-se a questão dos componentes complementares e da estrutura de apoio da casa do Camilo, observa-se, na **figura 56**, a meia-tesoura sobre o vão da cozinha (foto 'a' e 'b'); a mão-francesa como solução para o beiral frontal e posterior (foto 'e'); e a falta da varanda, por não existir até esse momento uma solução estrutural para a estrutura de apoio das VLP simples nessa área da casa (foto 'f'). A foto 'd' mostra o cabo de aço passando ao meio das VLP simples e os espaçadores entre elas posicionados de maneira alternada. A foto 'c' detalha o conjunto chapuz e VLP simples apoiados sobre o berço; podendo ser vistos também na foto 'b', neste caso apoiados sobre a meia-tesoura.

A montagem da cobertura com os componentes VLP simples de 2,70 e 3,40 m na casa do Camilo indicou a necessidade de revisar o projeto dos seguintes componentes: da meia-tesoura de cobertura; da mão-francesa; e da viga da varanda, que na casa do Camilo não tinham sido, até aquele momento, executadas.

No próximo item, tratar-se-á do ensaio da VLP composta, que substituiu a meia-tesoura adotada na casa do Camilo. Os componentes da mão-francesa e da varanda (que não existia) foram desenvolvidos na continuidade dos estudos da VLP composta e foram apresentados nos itens 4.2.2.7.2 e 4.2.2.7.3, do capítulo 4.

4.3.3. Ensaios da VLP composta

A VLP composta, principal componente da estrutura de apoio e do sistema de cobertura VLP, tem como função vencer o maior vão livre da casa: 3,60 m, sobre o ambiente da cozinha. A área de influência, para efeitos do cálculo dimensional, é de 9,72 m² (3,60 x 2,70 m). Com uma carga de 100 kg/m² (peso das VLP simples, forro, telhas cerâmicas e cargas acidentais), tem-se o total de 972 kg distribuídos ao longo dos 3,60 m da VLP composta, ou 270 kgf/ml. As alternativas que precederam o desenvolvimento da VLP composta podem ser vistas no item 4.2.2.7.1. Nesta parte do trabalho, serão ensaiadas as duas versões da VLP composta.

Figura 57 - 1ª versão da VLP composta. Fonte: desenhos do autor

Em abril de 2005, foi realizado o ensaio da 1ª versão da VLP composta no Laboratório de Engenharia da Madeira do DCF/ESALQ/USP. O desenho da 1ª versão da VLP composta pode ser visto na **figura 57**. Para fazer a transmissão das cargas do banzo superior para o banzo inferior, foram colocadas, na camada interna, tábuas de *Pinus spp* na vertical com altura de 27 cm (dobro da altura de uma VLP simples). Nas camadas externas (1ª e 3ª) foram assentadas

tábuas horizontalmente com 2 medidas de comprimento: 66 e 160 cm. As tábuas de *Pinus spp* passaram por um leve despeno de suas alturas, a fim de regularizar as peças, ficando ao final com 13,5 cm de altura.

Dado o fato de a VLP composta estar no plano inclinado, seu comprimento real não teria os mesmos 3,60 m de eixo no plano horizontal. O comprimento real final da VLP composta fica com 386 cm, pois, além de aumentar a medida (dos 3,60 m de eixo), o componente vai ser ancorado nas paredes da cumeeira e do frechal, necessitando de folga para recortes de montagem.

Para o ensaio⁷⁷ da 1ª versão da VLP composta no LEM do DCF/ESALQ/USP, foram construídos dois protótipos, conforme pode ser visualizado nas fotos da **figura 58**. O material usado foi o mesmo – tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade. Nesse ensaio, tivemos os seguintes resultados: baixa resistência aos esforços de flexão no centro da viga, com flecha resultante acima de $L/350$; torção lateral excessiva no centro do vão - o componente foi considerado esbelto, pela altura de 27 cm e largura de apenas 4,5 cm. Um detalhe que chamou a atenção na deformação da VLP composta foi a sua elasticidade e resistência ao arrancamento (destacamento) dos pregos.

Figura 58. Fases do ensaio do protótipo da 1ª alternativa da VLP composta. Laboratório de Estruturas de Madeira. DCF/ESALQ/USP – abril de 2005.

Fonte: fotos do autor

Além do ensaio em si da VLP composta, outro objetivo desse ensaio foi o de obter o índice de eficiência da VLP composta em relação a uma viga maciça da mesma espécie e qualidade de madeira. Preliminarmente, foram realizados ensaios com pequenos exemplares (corpos de prova) das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, chamados de “ensaio 1 e 2” (**apêndice 2**), para determinar o módulo de elasticidade (E) dessa madeira. Os resultados indicaram um índice de eficiência da VLP composta de $Eficiência = 0,4217$, ou 42,17% em relação a uma peça maciça, e o módulo de elasticidade $E = 64.102,33 \text{ kgf/cm}^2$.

Revistos todos os valores e refeitos os cálculos sobre o dimensionamento da 1ª versão da VLP composta, foi proposta uma 2ª versão. Dado que a 1ª versão não rompeu, buscou-se na 2ª aumentar a sua inércia (I). Assim, a principal alteração do componente foi o afastamento de 5 cm do banzo superior sobre o banzo inferior e a duplicação da largura de 4,5 cm para 9 cm.

⁷⁷ Os resultados do ensaio da 1ª versão da VLP composta estão no apêndice dessa tese.

Figura 60. Fases do ensaio do protótipo da 2ª versão da VLP composta. Laboratório de Estruturas de Madeira. DCF/ESALQ/USP – maio de 2005. Fonte: fotos do Grupo Habis e do autor

Os ensaios com o protótipo da 2ª versão da VLP composta, apresentados na **figura 60**, indicaram a validade desta como alternativa estrutural eficiente para o vão da cozinha, além das facilidades construtivas por trabalhar com madeira macia e leve, pelo baixo custo da matéria-prima e pela sua procedência - florestas plantadas na região. Com todos os componentes da trama e da estrutura de apoio definidos, passa-se para a etapa seguinte, que tratará da definição dos materiais da cobertura e seu processo de aquisição.

4.4. Processo de aquisição dos materiais para o sistema de cobertura VLP

Na sequência da cadeia de produção do sistema de cobertura VLP, será apresentada a parte 3 – aquisição dos materiais. O processo de aquisição dos materiais para esse sistema estará dividido em 3 etapas, como a seguir: 1ª- o levantamento de fornecedores; 2ª- a negociação e compra junto a esses fornecedores; e 3ª- a organização das famílias para a aquisição e recebimento dos materiais.

As famílias beneficiadas pela construção das casas pelo Projeto Inovarural e o Assentamento Rural Pirituba II estavam submetidas às condições de exposição que lhe impuseram vários critérios para a aquisição e o recebimento dos materiais. As precariedades dos meios de comunicação (a telefonia fixa inexistia e a móvel era instável) e as dificuldades de acesso das famílias a esses meios, além da falta de um meio de transporte eficiente, motivaram a assessoria técnica a realizar o levantamento e os contatos com os fornecedores sem a participação das famílias.

O fluxograma do processo de aquisição dos materiais, apresentado na **figura 61**, tem, em cada uma de suas etapas, as entradas e saídas. A dinâmica de apresentação do fluxograma apresenta em cada etapa as 'entradas' e as 'saídas'. Como entrada tem-se aquilo que é necessário para o funcionamento da etapa e, como saída, tem-se o que 'fica pelo caminho', como consequência dos resultados. O resultado de cada etapa segue obrigatoriamente como 'entrada' da próxima etapa e assim, sucessivamente, vai se formando o fluxograma, até se obter

o resultado final, ou o produto síntese. Para o desenvolvimento de cada uma das etapas do fluxograma, foram considerados os aspectos relacionados à sustentabilidade do processo nas suas cinco dimensões, quais sejam, as dimensões social, cultural, ambiental, econômica e política. Tais aspectos atravessam todas as etapas do processo e aparecem indiretamente nos 'resultados' e nas 'saídas'.

Figura 61 – Fluxograma do processo de aquisição das madeiras e materiais para o sistema de cobertura VLP. Fonte: desenhos e fotografias do autor e do grupo Habis

4.4.1. Levantamento dos fornecedores de materiais para a cobertura VLP

Os materiais utilizados no sistema de cobertura VLP foram: tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade e as madeiras serradas de *Eucalyptus spp* para a confecção dos componentes VLP e das lâminas de forro; os revestimentos cerâmicos (telhas dos planos inclinados, da cumeeira e das bordas inclinadas); os pregos de aço em diversos tamanhos; o tratamento para as madeiras; e

alguns acessórios como parafusos para chumbamento, barras roscadas e o conjunto do cabo de aço para o travamento do plano inclinado; além da areia e cimento para os chumbamentos e emboçamentos. Dado o peso que cada material teve, principalmente em relação aos custos unitários e às quantidades adquiridas, eles foram separados em quatro grupos, como descritos a seguir: as madeiras, os revestimentos cerâmicos, o forro e os pregos.

As dificuldades de comunicação e deslocamento forçaram a assessoria a tomar a frente dos trabalhos, independentemente da participação das famílias, para o contato inicial com fornecedores e levantamentos de preços dos materiais. Estudos realizados na primeira etapa da parte 1 da cadeia de produção do sistema de cobertura VLP (estudos preliminares do desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura) contribuíram para que o levantamento dos fornecedores fosse facilitado. Outro facilitador foi o trabalho realizado nas demais frentes de atuação do Projeto Inovarural – construção e reforma de 49 casas. A assessoria técnica já havia realizado contato com alguns fornecedores. Estes contatos facilitaram o processo de levantamento e agilizaram a obtenção de informações para a parte 3 – aquisição dos materiais da cobertura VLP.

As condições para o levantamento de fornecedores dos 4 tipos de materiais relacionados acima priorizaram os fornecedores da região atrelados ao atendimento das especificações dos materiais, de seu custo benefício e às condições de sustentabilidade em suas cinco dimensões. Definido esse cenário, foram feitos os contatos junto aos fornecedores para visitas e tentativas de estabelecer parcerias. O estabelecimento de parceria era definido e defendido pela assessoria como condição para o atendimento das metas da pesquisa e para o melhor atendimento ao recurso disponível para a construção das casas. As negociações se concentravam com um grupo de fornecedores até que fosse escolhido aquele que atendessem aos critérios de seleção com o melhor orçamento. (**quadro 9**)

Quadro 9 – Condições e critérios para a aquisição dos materiais da cobertura do Sepé Tiaraju. Fonte: autor

Os resultados dessa etapa proporcionaram o conhecimento dos potenciais fornecedores da região do assentamento e aqueles que poderiam se tornar parceiros do Projeto. Muito embora,

nem sempre esses potenciais parceiros dessem continuidade ao acordo prévio, formava-se uma relação de cumplicidade, de conhecimento do contexto em que todos estavam expostos, proporcionando relações cliente/fornecedor/assessoria com melhores chances de aquisição de produtos para a construção da casa do Projeto Inovarural. Essas relações iniciaram em outros momentos da obra e foram aproveitados na aquisição dos materiais para a cobertura VLP.

4.4.2. Negociação e compra dos materiais para a cobertura VLP

Apesar das dificuldades iniciais que as famílias tiveram em participar do processo de negociação e compra dos materiais, elas estavam a par dos trabalhos que foram realizados pela assessoria técnica. Semanalmente, ou de acordo com o andamento dos contatos com os fornecedores, era realizado um encontro com os representantes das famílias, membro da comissão de compras. Nesse encontro passavam-se as últimas informações sobre o andamento dos levantamentos dos materiais. A comissão de compras de Pirituba II estava organizada e participava das negociações com os fornecedores, principalmente quando da aquisição dos materiais. A assessoria providenciava o transporte para os membros da comissão de compras e para a própria assessoria em suas viagens às cidades próximas, onde se localizavam os fornecedores.

Esses representantes tinham o poder de vetar a continuidade dos trabalhos da assessoria, como também o tinham em todas as etapas do processo de aquisição dos materiais. Não se avançava para outras etapas sem o parecer favorável dos representantes das famílias. O **quadro 10** apresenta uma síntese dessa etapa da aquisição dos materiais. Durante as aquisições junto aos fornecedores, esses representantes eram, na maior parte das vezes, capacitados no local – comparar preços de materiais entre os diversos fornecedores, organizar as relações para negociar a aquisição final diante do fornecedor mais habilitado e fechar a negociação nas melhores condições para o conjunto das famílias.

Quadro 10 – Dinâmica da etapa de negociação com fornecedor e famílias. Fonte: do autor

As três propostas eram analisadas pela comissão de compras e o assessor. Começava um processo de negociação mais acirrada. Uma lista com os melhores preços dos três fornecedores era então realizada e se tinha ideia do preço a que podia chegar aquela aquisição. Pelo volume do total da compra, era grande o ‘poder de negociação’ da comissão. Geralmente, os

fornecedores cediam às exigências da comissão, mantendo as garantias preestabelecidas, e se chegava a valores bem abaixo do início das negociações com os fornecedores.

O processo de pagamento ao fornecedor era um capítulo à parte na negociação da compra. Não bastava o fornecedor entregar os materiais, com nota fiscal, no assentamento para receber. A assessoria técnica se encarregava de recolher a nota fiscal dos materiais entregues no assentamento. De volta à universidade e de posse dessas notas, produzia-se o relatório com informações dos materiais recebidos. Uma via desse relatório seguia para a superintendência do agente financiador (CAIXA) em Sorocaba. Uma outra via do relatório seguia para a assinatura da Comissão de Compras. Essa via, assinada, era então encaminhada, devidamente assinada pela assessoria técnica, para a agência bancária do agente financiador (CAIXA) na cidade de Itapeva. O cruzamento dessas vias, pela superintendência do agente financiador e pela agência bancária, garantia o pagamento ao fornecedor. Era um caminho mais penoso, mas dentro das necessidades legais para a realização do negócio, assim foi realizado, conforme apresentado pelo **quadro 11**, nos seus sete passos.

Quadro 11 – Processo de pagamento ao fornecedor após entrega dos materiais. Fonte: Grupo Habis e autor

Devido à particularidade dos tipos de fornecedores e de suas localizações, essas relações e práticas de aquisição sucederam, além da maior parte dos materiais de outras partes da casa, com os seguintes materiais da cobertura: os revestimentos cerâmicos (telhas), com os pregos e com o conjunto do cabo de aço. As madeiras foram adquiridas num formato diferente do apresentado acima. A Comissão de Compras não foi atuante; considerando-se as dificuldades apresentadas, entretanto, todos os orçamentos e encaminhamentos tiveram a aprovação da assembleia do grupo das 49 famílias.

A etapa de negociação e compra dos materiais tem resultado muito efetivo sobre a cadeia de produção da cobertura, pela relação direta com a variável 'custo' que tanto interfere na viabilidade do processo. É o momento em que as famílias têm o poder de decidir sobre o quanto estão dispostas a pagar pelo produto que precisam. Os resultados dessa etapa indicam que a

capacitação de membros dos grupos das famílias deve ser monitorada para uma real apreensão do processo de negociação para a aquisição dos materiais. Alguns grupos do Assentamento Rural Pirituba II não contavam com representantes.

4.4.3. Organização das famílias para o recebimento dos materiais da cobertura VLP

A ‘Comissão de Recebimento’ dos materiais para a construção das 49 casas do Projeto Inovarural do Assentamento Rural Pirituba II não estava tão bem organizada como a Comissão de Compras. O grupo de jovens⁷⁸ se encarregou de colaborar no processo de recebimento dos materiais. Esse grupo se organizou, junto com a assessoria técnica para ajudar a Comissão de Recebimento.

Alguns conflitos ocasionavam quebras de acordos preestabelecidos. A precariedade de comunicação e dificuldades de deslocamento obstruíam o cumprimento dos acordos. A assessoria se encarregou do contato direto com os fornecedores na maior parte das aquisições e assessorou o grupo dos jovens e a Comissão de Recebimento para monitorar a chegada dos caminhões com os materiais.

Ainda assim, a organização das famílias para o recebimento dos materiais aconteceu de maneira diversa. Para cada material aconteceu uma dinâmica diferente, conforme demonstrado nos **quadros 10 e 11**. As formas de entrega/recebimento eram combinadas com os fornecedores. No caso das telhas, o frete estava embutido no preço fornecido de cada peça e, ainda, com a entrega de toda a mercadoria no seu endereço. As madeiras não tinham custo de frete devido à proximidade do local de produção (pelo menos foi o combinado com o fornecedor), mas a descarga das madeiras ficou por conta de quem as recebessem – os representantes de cada família – e todo o material seria entregue em só local, na marcenaria. Os pregos e os demais materiais da cobertura (conjunto do cabo de aço, parafusos e barras roscadas) foram adquiridos junto com os demais materiais da casa – por exemplo, entraram no lote de compra dos materiais para a alvenaria.

O **quadro 12** apresenta as características da entrega das madeiras da cobertura. O principal problema na entrega das madeiras foi a ausência de representantes das famílias no momento da descarga na marcenaria coletiva localizada na Área 4, distante da maior parte das casas do assentamento, localizada na Área 1. Apesar do monitoramento da assessoria e das promessas de participação, quando a carga chegava à marcenaria, o que se percebia era um descompromisso muito grande entre o que se falava com o assessor técnico e o que se passava

⁷⁸ Grupo de jovens moradores do próprio assentamento que se dispôs a participar do projeto de construção das casas com aprendizado e capacitação oferecida pela assessoria técnica do Grupo Habis

na chegada do caminhão. As famílias que participavam das primeiras entregas se sentiam no direito de não participar das demais, principalmente se suas casas já estavam com os materiais daquela descarga.

Quadro 12 – Características da entrega das madeiras do sistema de cobertura VLP e organização para o recebimento em Pirituba II. Fonte: dados do autor

Características da entrega	Forma de organização e identificação de problemas no recebimento dos materiais		
	Assunto	Problema	Encaminhamento
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor de Itapeva distante 30 km de Pirituba II. • Entrega em 3 viagens/caminhões. • Cada caminhão carregava aproximadamente 24 m³ de madeira. • Gastava-se em média 1 dia inteiro para descarregar um caminhão: ~ 10 pessoas na descarga. • Cada caminhão chegava ao local da produção – as famílias o descarregavam • Frete embutido no custo da madeira, no valor da nota fiscal. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Local da descarga</u>: As famílias deveriam se deslocar para a marcenaria de Pirituba: local de produção das VLP • <u>Responsabilidade da descarga</u>: Cada família deveria mandar um representante para ajudar na descarga, ou alternava a presença nas 3 entregas previstas. • <u>Coordenação da descarga</u>: da Comissão de recebimento com apoio da assessoria, presente em todas as entregas que comunicaria as famílias sobre a data de entrega 	<ul style="list-style-type: none"> • Algumas famílias alegaram dificuldades de se deslocar até a Marcenaria (distante de suas casas) • Ausência de muitas famílias. Algumas famílias não compareceram em nenhuma das entregas. Uma boa parte delas não tinha a compreensão de que este trabalho era em benefício da construção de suas casas. • O papel de coordenador não era compreendido, se transformando em descarregador; também pela falta de pessoal. • A carga ficava mal 'empilhada' podendo prejudicar a qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • A assessoria poderia ajudar no deslocamento, bem como aqueles que pudessem ajudaria no transporte • A assessoria telefonava para as famílias que não haviam participado de nenhuma descarga. • Estratégia de convencimento da importância da participação de cada um; da divisão igualitária dos trabalhos • Esclarecimentos sobre o papel da coordenação da descarga; • Providenciar condições adequadas para o armazenamento dos materiais sem perda da qualidade.

Na negociação que a assessoria realizou com o fornecedor das telhas (revestimentos cerâmicos da cobertura), os preços já incluíam a entrega e a descarga do material em cada lote. Portanto, a questão da descarga das telhas não foi um problema. A descarga do revestimento cerâmico teve problemas diferentes dos que sucederam com as madeiras. Houve desconpassos com as datas de entrega gerando diversos problemas, como: não conseguir contatar a assessoria por telefone; entregar em local errado; ficar dando voltas; e atrasar o início da entrega.

Quadro 13 - Características da entrega dos revestimentos cerâmicos (telhas) da VLP e organização para o recebimento em Pirituba II. Fonte: dados do autor

Características da entrega	Forma de organização e identificação de problemas no recebimento dos materiais		
	Assunto	Problema	Encaminhamento
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor: Barra Bonita, 240 km de Pirituba II. Cada caminhão com carga para 4 casas. • Gastava-se em média 1 h e 30 minutos para descarregar as telhas em uma casa. • Para as 42 casas foram 11 viagens. • Forma de entrega: o caminhão descarregava em cada lote. • Frete embutido no preço. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Local da descarga</u>: O caminhoneiro recebia mapa do assentamento com endereços • <u>Responsabilidade da descarga</u>: do fornecedor / entregador • <u>Data de entrega</u>: não havia uma data certa com dia marcado • <u>Coordenação da descarga</u>: A comissão de recebimento acolheria o caminhão na chegada ao assentamento e o levaria aos lotes. • <u>Qualidade das telhas</u>: trincas e empenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de errar o endereço e descarregar em outro lote. • Nem sempre as famílias ajudavam. Não era um problema grave. • O caminhão chegava sem aviso prévio • Nem sempre o caminhão encontrava o representante da comissão de recebimento para lhe mostrar o endereço correto e vive versa • O fornecedor não queria trocar 	<ul style="list-style-type: none"> • O caminhoneiro recebia um mapa do assentamento. • A comissão de recebimento indicaria ao motorista o endereço • O motorista se encarregava da descarga. Se a família pudesse ajudar, melhor seria. • Compromisso com o fornecedor de planejar e informar a assessoria sobre as datas de entrega • A assessoria fez a interface com as duas partes, monitorando a data de saída dos caminhões e confirmando com o membro da comissão de recebimento. • Negociações entre as partes estabeleceram acordos para a troca

Mas o principal problema com as telhas foi na sua qualidade final. Quando as casas começaram a ser cobertas, as telhas foram ‘aparecendo’ das pilhas. Como estavam empilhadas, muitos defeitos não puderam ser observados na hora da descarga. Os principais problemas constatados foram: empenos e trincas. Após longa negociação com o fornecedor, este se comprometeu a repor os defeitos sem prejuízo para as famílias. O **quadro 13** apresenta estas e outras questões envolvendo a entrega dos revestimentos cerâmicos.

Na entrega do forro, é preciso relembrar que apenas 7 famílias adotaram este acabamento e que o produto foi derivado das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade que já estavam na marcenaria. Uma vez determinado a quantidade de casas que usaria o forro de *Pinus* derivado dessas tábuas, o lote com a quantidade correta foi levado para o processamento na cidade de Itapeva, e em seguida, retornado à marcenaria, já na forma de lâminas de forro de *Pinus*. A entrega do forro pelo fornecedor aconteceu na marcenaria. As principais questões repetiram um tanto as do recebimento das madeiras: as famílias se ausentaram na descarga do caminhão, o que acabou ficando a serviço das pessoas que estavam presentes à marcenaria. Porém, como a quantidade de madeira era bem menor, foi resolvido sem maiores problemas. O **quadro 14** relata as características da entrega do forro em Pirituba II.

Quadro 14 - Características da entrega do forro das VLP e organização para o recebimento em Pirituba II. Fonte: dados do autor

Características da entrega	Forma de organização e identificação de problemas no recebimento dos materiais		
	Assunto	Problema	Encaminhamento
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor: Itapeva, 30 km de Pirituba II. • 1 entrega de ~ 900 m². • Tempo de descarga: 1 h e 30 minutos. • Forma de entrega: na Marcenaria, local de produção dos componentes VLP • Descarga p/ conta das famílias 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Local da descarga</u>: Famílias deveriam se deslocar até marcenaria para pegar sua parte 	<ul style="list-style-type: none"> • Algumas famílias queriam a entrega em seu lote. 	<ul style="list-style-type: none"> • A madeira do forro tinha de ser descarregada no local de produção dos painéis.
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Responsabilidade da descarga</u>: Cada família deveria mandar um representante para ajudar na descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demora para pegar as lâminas na marcenaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Problema contornado pela entrega única de forro

A entrega dos pregos, pela sua natureza e quantidade, não reflete em nada os problemas que aconteceram com os demais materiais já explanados. O tamanho da carga, bem menor que as demais, possibilitou uma entrega única na casa de um dos dois mestres de obras. Esse acordo foi tirado em assembleia do Grupão. Este mestre fazia o controle de distribuição de todos os materiais que estavam em sua posse (pregos, parafusos, barras roçadas, porcas e arruelas, chapas e conjunto do cabo de aço).

Na etapa de organização das famílias para o recebimento dos materiais ficou bem forte o sentimento de que muitas discordavam da sua necessidade de contribuir para o recebimento.

Fica claro para a assessoria que este é um ponto a ser tratado com maior atenção, a fim de esclarecer sobre o papel de cada um no processo de construção em mutirão. Esse esclarecimento é prioritário no processo participativo, não apenas desta etapa, mas em todas as demais citadas neste trabalho.

4.5. Processo de produção dos componentes do sistema de cobertura VLP

Na sequência do desenvolvimento da cadeia de produção do sistema de cobertura VLP, será apresentada a parte 4 – produção dos componentes VLP na marcenaria. Esta parte está dividida em 3 etapas, conforme a seguinte descrição: 1ª- organização do local de produção; 2ª- capacitação das brigadas (famílias); e 3ª- confecção dos painéis. Esta última etapa, por ser mais complexa, estará dividida em subetapas, conforme apresentado na **figura 62**. Nesta figura, as etapas da cadeia de produção do sistema de cobertura VLP é precedida da coluna 'entradas', onde são listadas as condições necessárias para o início de cada etapa. Em seguida, vem a coluna das saídas que corresponde aos resultados que ficam ao longo da cadeia e que podem ser classificados como consequências diretas e indiretas da produção de cada etapa. Por exemplo: o resultado direto da etapa de capacitação das famílias é a habilitação de pessoas para a etapa de confecção dos componentes; os resultados indiretos são: o baixo consumo de energia, menos resíduos da capacitação, menor tempo consumido, dentre outros. Na última coluna, são feitos alguns comentários do processo de cada etapa.

A maior parte dos componentes do sistema de cobertura VLP foi produzida na Marcenaria Coletiva e Autogestionária de Pirituba II. Ou seja, foram produzidos os componentes das partes constituintes da trama (VLP simples de 2,70 m e 3,40 m, emenda da VLP simples, chapuz, espaçador e ripa da 1ª fiada) e da estrutura de apoio (VLP composta, VLP da varanda e VLP do beiral, berço da VLP simples e calço da VLP composta). As tabeiras e forros foram adquiridos independentemente, no comércio da região de Itapeva.

Toda a produção dos componentes do sistema de cobertura VLP se dá independentemente do andamento dos serviços no canteiro de obras. Aliás, esta é uma forte característica do processo de pré-fabricação e que foi aplicado na produção dos componentes do sistema de cobertura VLP nas casas do Projeto Inovarural.

Figura 62 – Fluxograma do processo de produção do sistema de cobertura VLP na marcenaria de Pirituba II. Fonte: Fotografias e dados do autor e do grupo Habis

Apesar do termo ‘pré-fabricação’ estar quase sempre associado ao emprego de tecnologias de ponta, no caso de Pirituba II ele foi aplicado com uma forte conotação social. O sistema VLP

representa um produto com inovação tecnológica com processo produtivo seriado, com uso e adequação de equipamentos simples, em regiões afastadas de centros urbanos (rurais) onde é grande a precariedade de infraestrutura e com a possibilidade de formação e geração de trabalho e renda de mão de obra não qualificada em processo participativo, baseada no emprego de madeiras proveniente de florestas plantadas disponíveis na região.

4.5.1. Organização do local de produção em Pirituba II

No relatório 3 da fase II em Habis (2004e), foram expostos os objetivos gerais de pesquisa do Projeto Inovarural: “Habitação social em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para usos múltiplos da floresta” e no objetivo geral III está o seguinte: elaborar propostas de diretrizes de políticas públicas para geração de trabalho e renda na cadeia produtiva da madeira.

A principal estratégia desse objetivo foi a implementação de uma marcenaria coletiva no assentamento rural, visando a formação de um empreendimento coletivo e autogestionário. As estratégias seguintes foram: implantação de unidade de fabricação (marcenaria coletiva autogestionária) de componentes construtivos em madeira no Assentamento Fazenda Pirituba II; fabricação de esquadrias com madeira de eucalipto; fabricação de componente laje-forro⁷⁹ para cobertura com *Pinus* de 3ª.

O grupo de pesquisas Incoop⁸⁰ assumiu a assessoria técnico-científica desse empreendimento coletivo e autogestionário em parceria de pesquisa com o Habis. Egas (2008) apresenta como se deu o processo inicial de implantação dessa marcenaria:

“Para viabilizar a implementação de fabricação de componentes em madeira de *Pinus*, constitui-se um grupo de pessoas interessadas na capacitação em gestão de empreendimentos autogestionários e nos serviços qualificados de processamento de madeira. O objetivo principal era capacitar as famílias para o ofício de marceneiro e produzir os componentes de madeira de todas as habitações do programa, recebendo em forma de troca de serviços com os outros mutirantes a execução de todas as outras etapas de construção de suas casas.”

Laverde (2007) e Egas (2007) apresentam detalhes sobre esse empreendimento, que foi decisivo para viabilizar as alternativas de componentes de madeira que pudessem ser produzidos pelas próprias famílias para suas casas, no contexto do Assentamento Rural Pirituba II. O primeiro foi a questão da aquisição das máquinas por meio da premiação em concurso

⁷⁹ Até então esse era o nome do sistema de cobertura, conforme visto no item “alternativas estudadas”.

⁸⁰ Grupo de pesquisas e incubadora de cooperativas regionais coletivas e autogestionárias vinculadas aos Núcleos de Extensão da UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

nacional de ideias⁸¹; o segundo foi sobre a forma de organização das famílias para a produção dos componentes da casa – basicamente esquadrias e sistema de cobertura.

Após o levantamento do potencial madeireiro da Região de Governo de Itapeva⁸², sua vocação madeireira com plantios florestais de *Pinus* e eucalipto e da verificação da existência de pequenas, médias e grandes serrarias nessa mesma região (GAVA 2005), foi constatada a existência de diversos “barracões” dentro do próprio Assentamento Rural Pirituba II. Esses barracões eram utilizados para atividades que necessitavam de grandes superfícies cobertas, por exemplo, o estoque da produção agrícola dos próprios assentados. Porém, alguns deles estavam ociosos a maior parte do ano. Apresentavam características que os qualificavam como marcenaria e atendiam aos objetivos de geração de trabalho e renda na cadeia produtiva da madeira do Projeto Inovarural.

O Projeto Inovarural fez a proposta, para Pirituba II, da montagem da marcenaria em um desses “barracões”. A edificação escolhida situa-se às margens da rodovia vicinal que liga a SP 258 à Bom Sucesso de Itararé. As imagens da **figura 63** apresentam vistas da rodovia vicinal, do acesso em terra dessa à edificação e do barracão da marcenaria.

Figura 63. Rodovia vicinal e via de acesso ao galpão da marcenaria coletiva e autogestionária de Pirituba II. Fonte: fotos do autor

O galpão da marcenaria coletiva e autogestionária de Pirituba II, conhecido como “Barracão da Área 4”, tem uma área aproximada de 300 m² (12 x 25 m), mais os ambientes anexados à edificação principal. Antes era utilizado esporadicamente para estocagem da produção local (grãos e leguminosas). Essa função foi transferida para um barracão vizinho, ficando o primeiro destinado à atividade da marcenaria - produção dos componentes da cobertura e das esquadrias das 49 moradias do Assentamento Rural Pirituba II. Toda a instalação elétrica do barracão foi refeita para adaptar à instalação dos equipamentos necessários: novo cabeamento com fiação

⁸¹ Prêmio PUC 2004 - com o recurso da premiação foram adquiridas diversas máquinas para a marcenaria

⁸² Sub-divisão política administrativa da Região Administrativa de Sorocaba – Governo do Estado de São Paulo

de 16mm² do padrão até o quadro geral de distribuição, e circuitos com fiação de 4 mm² ligando máquinas e tomadas trifásicas distribuídas pelos quatro cantos da edificação.

O recurso para a aquisição de ferramentas, máquinas e equipamentos pesados foi obtido por meio de premiação em concurso nacional, conforme já relatado anteriormente. As máquinas pesadas utilizadas para a produção dos componentes do sistema VLP são: uma desempenadeira trifásica de 3 hp, uma desengrossadeira trifásica de 5 hp, uma tupia de bancada, trifásica de 5 hp, uma lixadeira de grande porte (portas), trifásica de 3 hp e uma serra circular esquadrejadeira trifásica de 1 hp. As máquinas manuais de apoio: uma circular elétrica e uma furadeira à bateria. Os equipamentos que davam o suporte à produção eram: o tanque de tratamento por imersão, uma mesa de marceneiro, uma mesa de produção do sistema de cobertura, carrinhos para transporte de madeira e resíduos, e uma mesa de apoio. As principais ferramentas utilizadas eram: os martelos, serrote, chaves de regulação das máquinas e aquelas necessárias para a limpeza e manutenção da marcenaria.

A segurança da marcenaria de Pirituba II era, de certa forma boa. Um grande portão de aço encerrava o barracão, e uma grossa corrente e um cadeado eram a única tranca que o segurava. Dentro estavam todos os equipamentos pesados, além das ferramentas de trabalho, de muitos materiais e das mesas de apoio à produção dos componentes VLP. A matéria-prima – as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade - ficava estocada em uma área coberta, porém aberta, anexa ao barracão. Essa área tinha aproximadamente 96 m² (6 x 16 m²).

Todas as madeiras (*Pinus* e *Eucaliptus*) eram estocadas em uma área coberta, mas aberta nas laterais, e calçadas na sua base com madeira para afastá-las da umidade do solo. Esta área coberta garantia uma excelente proteção contra as intempéries para as tábuas e permitia uma boa ventilação, porém não era garantia contra violações. Durante todo o período de produção dos componentes, não foi observada nenhuma subtração de material na marcenaria de Pirituba II. As madeiras não vinham com nenhum tratamento contra o ataque de insetos ou fungos.

No início da organização do barracão, quando não se vislumbrava ainda a produção das VLP, o lay-out de localização das máquinas e equipamentos levou em consideração as recomendações dadas por manuais e experiências de profissionais da área.

O fato de contar com a existência da edificação para a pré-fabricação dos componentes em Pirituba II foi um alento para o processo, porém, na etapa de organização do local de produção, foram levantadas questões importantes para viabilizar a confecção dos componentes da cobertura VLP. Os principais aspectos tratados foram quanto à infraestrutura, conforto e

segurança. Eles foram contornados com a aquisição de maquinários, equipamentos, ferramentas e materiais⁸³, melhorias nas instalações elétricas e segurança da porta e janela do barracão. Toda essa infraestrutura serviria de base para as etapas seguintes: a capacitação da mão de obra - que será tratada a seguir - e a confecção dos componentes, propriamente ditos.

4.5.2. Capacitação das famílias para a produção dos componentes VLP

Após período de formação e de capacitação de membros para a marcenaria⁸⁴, que já estava em processo de incubação, a equipe se consolidou com um grupo de quatro mulheres⁸⁵ moradoras do próprio assentamento. Elas foram capacitadas para a produção de esquadrias e componentes da cobertura das casas do assentamento, de julho a dezembro de 2004 (LAVERDE, 2007). Segundo Laverde, ainda fez parte da equipe, um morador de Itararé, com experiência no ofício, como mestre marceneiro instrutor para orientação presencial das 'aprendizes de marceneiras'. A **figura 64** apresenta esse grupo formado pelas 4 marceneiras e pelo mestre marceneiro, em meados de 2005, no auge da produção das esquadrias das janelas e dos componentes da cobertura VLP das casas do Projeto Inovarural.

Figura 64. As 4 marceneiras do grupo inicial e o mestre marceneiro da marcenaria coletiva e autogestionária de Pirituba II. Fonte: fotos do autor

Conforme acordo estabelecido entre as famílias do assentamento e as marceneiras, todos participantes do projeto de construção das 49 casas, essas últimas produziram os componentes das esquadrias e do sistema de cobertura para as 49 famílias em troca dos serviços das famílias beneficiadas na construção das casas das marceneiras. Esse modo de organização da produção aconteceu para a confecção dos componentes VLP de 2,70 m e 3,40 m da casa do Camilo – componentes da trama da cobertura. Como já apresentado anteriormente, a casa do Camilo foi coberta nos dias 3 e 4 de fevereiro de 2005, e a produção de seus componentes aconteceu nos meses de dezembro de 2004 e janeiro de 2005.

⁸³ Prêmio conquistado por projeto do Grupo Habis em 2004, junto à PUC/RJ, foi utilizado para a aquisição dos maquinários e diversos equipamentos para a marcenaria de Pirituba II

⁸⁴ No relatório 3 da fase II são apresentados os detalhes das capacitações iniciais e o processo de formação do grupo até se chegar à equipe que está atuante até o presente momento (novembro de 2010). Os grupos de pesquisa Incoop e Habis continuam a prestar assessoria ao grupo das marceneiras da Marcenaria Madeirart.

⁸⁵ Conforme Laverde (2007) esse grupo de marceneiras é composto por senhoras com idades aproximadas de 40 a 50 anos, donas de casa, portanto com outras responsabilidades, além do novo ofício.

Nos ajustes acontecidos ao longo do processo de construção das casas, entre fevereiro e outubro de 2005, alguns desses acordos foram rompidos e adequados apenas para a produção das esquadrias e alguns outros componentes da cobertura. As famílias, em sua forma espontânea de se organizar⁸⁶, formaram grupos para a produção dos componentes da cobertura VLP na marcenaria, independentemente das marceneiras, porém contavam com o apoio do mestre marceneiro, presença constante na marcenaria.

Além da capacitação prestada pela assessoria técnica às marceneiras, esta foi complementada pelo mestre marceneiro que esteve presente constantemente neste período de pré-fabricação das VLP. Ele prestava capacitação contínua às marceneiras e aos grupos que iam à marcenaria, viabilizando o processo de produção dos componentes do sistema de cobertura VLP das casas do Projeto Inovarural. Outro fato relevante na figura do mestre marceneiro, e que contribuiu para viabilizar o processo de pré-fabricação na marcenaria foi o fato de ele permanecer 'alojado' em uma sala da própria edificação durante os dias da semana. Aos finais de semana, ia para Itararé, onde residia.

4.5.3. Etapa de confecção dos componentes VLP na marcenaria

Ao longo da etapa de confecção dos componentes VLP na marcenaria, foram realizadas 5 verificações: primeiro, a quantidade de tempo gasto na produção dos componentes; segundo, a quantidade de pessoas envolvidas na produção dos componentes do grupo; terceiro, o volume de madeira (tábuas de *Pinus spp* e serrados de *Eucalyptus spp*) consumido nas várias fases; quarto, uma avaliação da eficiência da mesa de produção dos componentes; e quinto, uma avaliação do grau de dificuldade de cada uma das operações de produção dos componentes. Os três primeiros aspectos centraram atenção na produção de componentes para a casa modelo 3QBD. Tais verificações serão apresentadas no capítulo 6, como resultado da pesquisa.

Pelas particularidades do processo de produção dos componentes do sistema de cobertura VLP na marcenaria, a confecção dos componentes da trama da cobertura (VLP simples de 2,70 m e 3,40m) apresentou um arranjo diferente do local de produção (lay-out) em relação aos componentes da estrutura de apoio (VLP do beiral, VLP da varanda e VLP composta). Os dois lay-out estão representados nas **figuras 65 e 66**.

As principais características dos componentes do sistema de cobertura VLP estão apresentadas na **tabela 15**. Observa-se que a VLP composta é o componente mais pesado da cobertura com 49,95 kg. Esse peso é facilmente manipulado por duas pessoas. Os demais componentes são

⁸⁶ Em muitos momentos, essa forma espontânea de organização não funcionou, forçando um rompimento de acordo e/ou do próprio grupo, às vezes, conflitos mais sérios que a própria assessoria, dentro de suas limitações, procurava amenizar.

bem mais leves e naturalmente mais fáceis de serem trabalhados. Outras características apresentadas dizem respeito às espécies empregadas em cada componente, o volume unitário e total na casa. Note-se, também, que o volume de madeiras das VLP simples de 2,70 m e 3,40 m corresponde a 58,67% do volume total da cobertura, incluindo o forro. Se desconsiderarmos o uso do forro, o volume de VLP simples de 2,70 m e 3,40 m passa a corresponder a 76,1%, ou pouco mais de 2/3 do volume total.

Pelo peso indicado de cada componente da **tabela 12**, nota-se que esta variável não representa impedimentos quanto à sua manipulação tanto na confecção como na montagem no canteiro de obras. Ao contrário, o fato de serem leves as torna facilmente manipuláveis permitindo uma aplicação rápida e com bom rendimento dos serviços.

Tabela 12 – Características dos componentes do sistema de cobertura VLP. Fonte: dados do autor

Parte constituinte: Trama	Espécie	Seção (bxh) cm	Volume liq./ compon. (m³)	Peso/ compo- nente (kg)	Qtde compo- nentes/ casa	Volume/ casa (m³)
VLP simples 2,70 m	<i>Pinus elliottii</i>	4,5 x 13,5	0,0164	9,19	34	0,5577
VLP simples 3,40 m	<i>Pinus elliottii</i>	4,5 x 13,5	0,0207	11,57	68	1,4045
Chapuz	<i>Eucaliptus saligna</i>	6 x 12	0,0004	0,316	136	0,0588
Emenda VLP simples	<i>Pinus elliottii</i>	1,5 x 13,5	0,0012	0,680	68	0,0826
Espaçador	<i>Eucaliptus saligna</i>	3 x 4	0,0003	0,246	96	0,0323
Ripa da 1ª fiada	<i>Pinus elliottii</i>	1,5 x 5	0,0014	0,756	10	0,0135
Volume total da parte constituinte: Trama						2,1494
Parte constituinte: Estrutura de apoio	Espécie	Seção (bxh) cm	Volume liq./ compon. (m³)	Peso/ compo- nente (kg)	Qtde compo- nentes/ casa	Volume/ casa (m³)
VLP composta	<i>Pinus elliottii</i>	9 x 32	0,0892	49,95	1	0,0892
VLP da varanda	<i>Pinus elliottii</i>	4,5 x 28	0,0287	16,10	4	0,1150
VLP do beiral	<i>Pinus elliottii</i>	4,5 x 28	0,0078	4,40	4	0,0314
Berços VLP simples	<i>Pinus elliottii</i>	1,5 x 10	0,0027	1,51	24	0,0648
Calço VLP composta	<i>Eucaliptus saligna</i>	6 x 12	0,0036	2,63	1	0,0036
Volume total da parte constituinte: Estrutura de apoio						0,3040
Parte constituinte: Acabamentos	Espécie	Seção (bxh) cm	Volume liq./ compon. (m³)	Peso/ compo- nente (kg)	Qtde compo- nentes/ casa	Volume/ casa (m³)
Tabeira	<i>Eucaliptus saligna</i>	2,5 x 20	0,0250	18,28	5	0,1250
Forro de <i>Pinus</i>	<i>Pinus elliottii</i>	0,08 x 7,5	0,0011	0,638	672	0,7661
Volume total da parte constituinte: Acabamentos						0,8911
Total volume líquido de madeira na cobertura						3,3445

Observações:

Densidade aparente do *Pinus elliottii*, conforme NBR 7190/97 = 560 kg/m³

Densidade aparente do *Eucaliptus saligna*, conforme NBR 7190/97 = 731 kg/m³

Cada componente necessitava de uma estrutura de produção independente e um arranjo exclusivo da 'mesa de produção' para a sua confecção. Dessa forma, quando os grupos estavam organizados para a produção dos componentes do sistema de cobertura VLP na marcenaria, este se dava com a produção total do quantitativo de cada componente que aquele grupo representava. Por exemplo, se o grupo representava 4 famílias, ele produzia 136 componentes VLP simples de 2,70 m (34 VLP simples de 2,70 m por casa, vezes 4 casas) e assim sucessivamente para os demais componentes. Essa foi a dinâmica de produção dos

componentes VLP na marcenaria. O grupo finalizava a produção total de cada tipo de componente, até terminar a produção de todos os tipos para as casas que o grupo representava.

Operações de confecção das VLP simples de 2,70 m e 3,40 m e lay-out do local de produção

Figura 65 – Lay-out da marcenaria e operações do processamento das VLP da trama (VLP simples de 2,70 m e 3,40 m). Fonte: fotografias, desenhos e dados do autor e grupo Habis

Os componentes VLP simples de 2,70 m e 3,40 m foram os primeiros a serem confeccionados na marcenaria coletiva e autogestionária, e foram divididos em 8 operações, de acordo com a **figura 65**. A seleção das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, primeira operação, realiza sua triagem junto ao local coberto onde estão estocadas, ao lado da área de produção. A segunda operação é o desempeno de uma face das tábuas de *Pinus spp*. A terceira operação destopa as

diversas medidas de cada componente; 3 medidas (45, 90 e 180 cm) para a VLP de 2,70 m e 4 medidas (70, 90, 160 e 180 cm) para a VLP de 3,40 m. A quarta operação faz o tratamento de imersão das tábuas destopadas no tanque com o ácido pirolenhoso⁸⁷. A quinta operação é a secagem para liberação do excesso de tratamento das tábuas destopadas.

A sexta operação é a montagem dos componentes na mesa de produção. As tábuas, em suas diversas medidas, são distribuídas na mesa de acordo com o desenho do componente – momento mais importante e demorado na confecção do componente VLP simples. As três camadas do componente são fixadas por meio de grampos até que se faça a pregagem com os pregos 17x27. Como o prego tem comprimento maior que a espessura das três camadas, ele atravessa a largura do componente. Ao final da pregagem de uma face do componente, este é tombado com a outra face voltada para cima para a dobragem das pontas excedente dos pregos.

A sétima operação trata de dar o acabamento dos componentes passando-as na desempenadeira na face que não está regularizada. E, por fim, a oitava e última operação, que é a estocagem do componente pronto em pilhas dentro da marcenaria. Todas essas operações devem levar em consideração a circulação das pessoas e os movimentos necessários para o deslocamento das peças e componentes que estão sendo trabalhados.

Os componentes VLP da estrutura de apoio são aqueles que preparam o plano inclinado para o assentamento das VLP da trama. Correspondem, em linguagem técnica, à estrutura principal do sistema de cobertura VLP. Foram produzidos, na marcenaria, na sequência das VLP da trama. Como visto na **tabela 12**, os componentes da estrutura de apoio, juntamente com os de acabamentos do sistema de cobertura VLP consomem pouco mais de 1/3 do volume de madeira da cobertura da casa 3QBD, ou 1,1951 m³, para um total de 3.3445 m³. Os três tipos de componentes da estrutura de apoio (VLP composta, VLP do beiral e VLP da varanda) adotam um mesmo lay-out para a sua confecção na marcenaria, conforme é ilustrado na **figura 66**, porém foram produzidos independentemente. Uma diferença na confecção das VLP da estrutura de apoio em relação às VLP da trama é que as primeiras tiveram todas as suas tábuas de *Pinus spp* desgrossoadas. Esta decisão foi tomada para melhorar o acabamento desses componentes, uma vez que todos estariam expostos, mesmo após a colocação do forro (opcional). A colocação do forro ‘escondia’ as VLP simples.

⁸⁷ O tratamento com o ácido pirolenhoso provou não ter eficácia contra o ataque de insetos xilófagos. Porém, apenas na produção dos componentes de 2 casas essa operação não foi aplicada.

Operações de confecção das VLP composta, VLP do beiral e VLP da varanda e lay-out da produção

Figura 66 – Lay-out da marcenaria e operações da confecção das VLP da estrutura de apoio (VLP composta, VLP do beiral e VLP da varanda). Fonte: dados, fotografias e desenhos do autor

A mesa de produção dos componentes não tem um desenho específico que o difere para a produção dos diversos componentes do sistema de cobertura VLP. Mas, para cada componente, o tampo da mesa de produção deve ser preparado com calços e guias para a localização das diversas medidas de tábuas destopadas de cada um deles. Estes calços têm a função de afastar a face inferior do componente da superfície do tampo e evitar que os pregos, mais compridos que a largura dos componentes, se fixem na mesa no momento da pregagem. As guias têm a função de delimitar e ajustar o posicionamento das tábuas e configurar o componente que está

sendo confeccionado. Esse é o principal motivo pelo qual os componentes têm a sua totalidade confeccionada de uma só vez pelo grupo que está, nesse momento, trabalhando na marcenaria.

As operações de confecção dos componentes VLP da estrutura de apoio diferem das VLP simples da trama e são demonstradas na **figura 66**. Juntamente é apresentado o lay-out da marcenaria com a disposição das principais máquinas e equipamentos empregados.

A primeira operação faz a seleção das tábuas para a segunda, que é o desengrosso. Essa seleção separa as tábuas íntegras das rejeitadas para o emprego na confecção do componente. A segunda operação faz um leve desengrosso das 2 faces mais largas das tábuas de *Pinus spp.* A terceira operação faz o desempenho das 2 faces curtas e deixa a tábua com a largura final de 13,5 cm. A quarta operação realiza o pré-corte das tábuas, que faz os destopos das diversas medidas dos 3 componentes da estrutura de apoio.

A VLP composta tem 3 medidas de tábuas; a VLP do beiral tem 4 medidas, além de recortes em ângulo; e a VLP da varanda é o componente com o maior número de medidas de tábuas, 9 ao todo, além de recortes em ângulo. A quinta operação faz o tratamento das tábuas pré-cortadas e com seus tamanhos já definidos, imergindo-as no tanque com o ácido pirolenhoso⁸⁸. A sexta operação estoca as tábuas pré-cortadas e tratadas para secar o excedente do tratamento em pilhas diferenciando-as pelas medidas do comprimento. A sétima operação faz a montagem do componente e, diferentemente das VLP simples, deixa o componente com acabamento. Cada VLP da estrutura de apoio recebe uma marcação gabaritada própria, delimitação por guias na mesa de produção, para sua correta montagem. As 3 camadas de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade da VLP da varanda e da VLP do beiral são fixadas com pregos 15x15 nas suas duas faces. A VLP composta recebe pregos 17x27, e as pontas que excedem são dobradas. Os componentes, estando prontos, vão para a oitava operação - estocagem final. Os demais componentes do sistema de cobertura VLP, quais sejam, chapuz, berço, espaçador, emenda de VLP simples, calço da VLP composta e ripa da 1ª fiada, são confeccionados no processo tradicional de cortes e destopos. Todos passam pelo tratamento no tanque com o ácido pirolenhoso.

Durante o processo de confecção dos componentes na marcenaria, vários ajustes de lay-out foram realizados até se encontrar o definitivo. Mesmo o trabalho das famílias, dentro de seus grupos, prescindiu de várias reuniões para solucionar 'problemas' que iam surgindo ao longo do processo de confecção dos componentes.

⁸⁸ Idem nota anterior

A etapa de confecção dos componentes VLP na Marcenaria Coletiva e Autogestionária apresentou indicadores que sinalizaram a validade deste processo na produção de componentes para cobertura das casas do Projeto Inovarural. Pessoas com baixa qualificação se organizaram e se capacitaram para o trabalho com tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade na confecção de componentes pré-fabricados para o sistema de cobertura de suas casas em marcenaria localizada no próprio assentamento, na maioria das vezes, bem distante de suas casas. Estes dados por si já respondem muitas questões.

Ao final da produção dos componentes VLP na marcenaria, as famílias, ou os grupos, se organizaram para o seu transporte para o lote; de preferência junto à casa e em lugar protegido da umidade de solo e protegido das intempéries.

4.6. Processo de montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro

Esta parte da cadeia de produção do sistema de cobertura VLP é denominada de 'parte 5' e está dividida em 5 etapas. Ela foi inteiramente executada no que está sendo denominado 'canteiro de obras', ou seja, o local de construção da casa de cada família em seu próprio lote. Cada uma dessas etapas está indicada e discriminada na **figura 67**.

Todos os componentes da estrutura de apoio e da trama do sistema VLP que estavam na marcenaria foram transportados para o lote de cada família. Os revestimentos cerâmicos, as peças das tabeiras e o forro (para as famílias que optaram pela sua aquisição) foram devidamente entregues no lote das casas. O meio de transporte mais comum para o deslocamento dos componentes da marcenaria para o lote, e adotado pela maioria das famílias, foi a carreta rebocada por um trator. Outro meio, pouco utilizado, foi a caminhão de pequeno porte (tipo 3/4). Em raros casos, alguns componentes foram transportados por charrete de tração animal.

A distância da marcenaria até as casas variava bastante. Um primeiro grupo de casas, da área 4, estava a uma distância média de 1,5 km. Um segundo grupo, da área 1, variava entre 4,5 e 6 km da marcenaria. Um terceiro grupo que se localizava no Pastão, distanciava entre 9 e 11 km.

As famílias eram orientadas a estocar os componentes VLP em local adequado, afastados da umidade de solo, se possível estocá-los no contrapiso da casa que iria ser coberta, e cobri-los contra as agressões das intempéries. As tábuas do forro seguiam as mesmas orientações com o rigor de serem protegidas da chuva. Os revestimentos cerâmicos e a areia para os chumbamentos e emboçamentos foram estocados junto à casa, mas sem a necessidade de

serem protegidas do tempo. As peças de madeira das tabeiras foram estocadas no contrapiso, junto aos componentes VLP. Os demais materiais, como pregos, conjunto do cabo de aço e cimento eram estocados na casa que as famílias ainda ocupavam para uma maior proteção e segurança.

Figura 67 – Fluxograma do processo de montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro de obras.

Fonte: Fotografias e dados do autor e do grupo Habis

Os grupos das famílias⁸⁹ e os mestres de obras foram capacitados para a montagem da cobertura na ocasião da montagem do sistema de cobertura VLP na casa do Camilo – fevereiro de 2005. Porém, naquela ocasião, a participação dos representantes dos grupos ainda fora pequena. A assessoria técnica adotou uma outra estratégia: no início da montagem da primeira casa, em cada grupo haveria uma capacitação inicial com o líder desse grupo e a presença do mestre de obras. Outros membros desse grupo seriam bem vindos. Assim aconteceu e se deu, após a casa do Camilo, com os grupos Nova Esperança, Bela Vista, PSH Área 4 e 2 Quartos. Os membros do grupo União da Terra preferiram ‘tocar por conta própria’⁹⁰ a montagem da cobertura VLP de suas casas e contaram com a capacitação do mestre de obra do grupo (Reginaldo) no acompanhamento da casa do Camilo. O grupo Cerâmico 1 e 2 não se organizou.

A assessoria técnica fazia a capacitação e o acompanhamento da montagem das coberturas nos 2 ou 3 dias das viagens semanais. Durante esses poucos dias, quando coincidia com o início da montagem da cobertura da casa de um grupo, combinava-se com os membros deste e com o seu mestre representante uma orientação inicial que serviria principalmente para o líder do grupo. Neste momento, refazia-se a capacitação do mestre (ou o seu aprimoramento), a capacitação do líder do grupo e das famílias participantes. No primeiro dia orientava-se sobre todas as operações para os preparos das interfaces; no segundo, fazia-se a explicação das operações do assentamento dos componentes VLP; no terceiro, se o andamento da obra permitisse, assentavam-se os revestimentos cerâmicos – as telhas. O intuito da capacitação da montagem da cobertura não era de fazer ‘o todo’, mas as principais operações das etapas que estavam sendo orientadas.

A assessoria técnica estava presente todos os dias dessa orientação inicial com o mestre, o líder e demais membros das famílias. Além dessa orientação inicial para os 4 grupos citados acima, foi realizado também um acompanhamento do processo de montagem da cobertura para todas as casas que empregaram o sistema de cobertura VLP. Nesses acompanhamentos se faziam as verificações da montagem. Como a assessoria não estava presente todos os dias, boa parte do acompanhamento foi realizado pelo ‘grupo dos auxiliares’. Ele era formado por jovens, moradores do assentamento, que se habilitaram a acompanhar o andamento das obras no canteiro de obras. Muitas das verificações da montagem da cobertura e, mesmo, da produção dos componentes na marcenaria foram coletadas por esse grupo. Da mesma forma que na

⁸⁹ No âmbito do Projeto Inovarural o Assentamento Rural Pirituba II estava organizado nos seguintes grupos: PSH Área 4, Bela Vista, Nova Esperança, 2 Quartos, União da Terra e Cerâmico 1 e 2.

⁹⁰ Eles se autocalificaram com o acompanhamento de diversas casas que foram cobertas, antes de suas casas, sem o acompanhamento da assessoria técnica. Participaram da capacitação na casa do Camilo.

marcenaria, a montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro de obras dispensava mão de obra qualificada. As próprias famílias do assentamento se envolveram com o processo de montagem. Algumas, mais habilidosas, assumiam a liderança do grupo; as demais famílias do grupo participavam como ajudantes.

Os grupos formados para a montagem do sistema de cobertura VLP (salvo algumas pequenas alterações) continuaram os mesmos que foram organizados para a construção das casas, ou seja, com a mesma forma de organização em mutirão. Apenas o grupo Cerâmico 1 e 2, se desestruturou, quebrando os acordos iniciais e, ao final, dois de seus membros se organizaram de maneira individualizada para a montagem da cobertura de suas casas. Há o registro de 3 casas que não acompanharam o ritmo de montagem da cobertura dentro de seu grupo. Essas famílias contrataram como mão de obra para a montagem da cobertura de suas casas pessoas que participaram do processo de montagem do sistema de cobertura VLP em outras casas.

O processo de montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro de obras das casas do Assentamento Rural Pirituba II é caracterizada por 5 etapas, conforme apresenta a **figura 67**. A primeira é chamada de 'preparo das interfaces', pois diz respeito ao acabamento da alvenaria e à sua preparação para o assentamento da estrutura de apoio, que nada mais é que o preparo do plano inclinado para o recebimento das VLP da trama. Ainda na primeira etapa, foram assentados todos os componentes da estrutura de apoio na seguinte ordem: VLP composta, VLP do beiral e VLP da varanda. A segunda etapa, 'assentamento dos componentes da trama', envolveu o assentamento das VLP simples. Começou-se pelo assentamento das VLP simples de 2,70 m e, em seguida, o assentamento das VLP simples de 3,40 m nas extremidades das 2 águas. Para estabilizar o plano inclinado com as VLP da trama foram colocados os espaçadores entre cada VLP simples e passados o cabo de aço. Este reteve o esforço de torção oblíqua que tende a girar cada VLP simples (devido à inclinação da cobertura), bem como estabilizou o conjunto do plano. No começo da terceira etapa, foram fixadas as tabeiras; em seguida, foram assentados os revestimentos cerâmicos - as telhas - mas ainda sem emboçar a cumeeira e as bordas inclinadas. Na quarta etapa, foi realizado o emboçamento das telhas nas bordas inclinadas (paulistinhas) e das telhas na cumeeira, nesta ordem. A quinta e última etapa foi o 'assentamento do forro de *Pinus*' no interior da casa, na varanda e nos beirais laterais.

Antes do início da montagem da cobertura VLP, a assessoria técnica fazia o acompanhamento da execução da alvenaria estrutural – etapa anterior à montagem da cobertura. Nesta etapa, a principal interferência para a montagem do sistema VLP estava relacionada com a medida de entreeixos de 2,70 m nos topos das alvenarias dos ambientes do meio da casa (o quarto do meio

e um lado (módulo) da cozinha). A manutenção desta medida garantia o assentamento das VLP simples de 2,70 m; a tolerância a erros não poderia passar os 5 cm, para mais ou para menos. Os demais ambientes – a sala, os quartos das extremidades e o lado da cozinha voltado para a extremidade - seriam cobertos pela VLP simples de 3,40 m. Este componente absorve os erros de entreeixos, pois tem 70 cm de balanço lateral.

Figura 68 – Subetapas de montagem da cobertura VLP no canteiro de obras. Fonte: dados e fotos do autor

Durante o período de montagem da cobertura, os grupos das famílias, por serem independentes entre si, trabalhavam ao mesmo tempo. A única restrição ficava por conta da participação do mestre de obras. Ele ficava por conta de cobrir as casas de um grupo. Se o grupo se tornava autônomo da presença do mestre, ele podia se dedicar a outro grupo. A **figura 68** apresenta as subetapas de montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro de obras, na sequência em que ela transcorreu no canteiro de obras.

Grosso modo, a montagem das coberturas VLP começou em julho de 2005; até o final de outubro deste mesmo ano, 33 das 36 casas previstas já estavam cobertas. Uma foi coberta em fevereiro de 2005, a casa do Camilo, e a penúltima, em maio de 2006. A última casa abandonou o projeto da cobertura VLP e empregou cobertura convencional.

Foram observados 4 grupos durante a montagem da cobertura VLP de Pirituba II: Nova Esperança (7 famílias), Bela Vista (8 famílias), PSH 4 (6 famílias) e 2 Quartos (7 famílias). O grupo União da Terra (5 famílias) trabalhava em dias em que a assessoria não estava presente, ficando assim sem a verificação dos trabalhos de assentamento da cobertura. O mesmo aconteceu com as duas famílias do grupo Cerâmico 1 e 2. Nos 4 grupos que tiveram acompanhamento, a assessoria teve participação ativa apenas na primeira casa que fora montada com o sistema de cobertura VLP. No momento da montagem da cobertura das casas dos 4 grupos, participavam o mestre, o líder do grupo, um jovem do ‘grupo de auxiliares’ e os demais membros do grupo, além do assessor técnico.

4.6.1. Etapa de preparo das interfaces

Esta etapa se refere às preparações das extremidades superiores das paredes de alvenaria para receber os componentes VLP do plano inclinado – resumidamente chamada de etapa de ‘preparo das interfaces’. Os primeiros componentes em madeira do sistema de cobertura VLP aplicados na interface com a alvenaria são da parte constituinte denominada ‘estrutura de apoio’ e têm a seguinte descrição:

- VLP composta: seção 9,0 x 32 cm, comprimento bruto 4,0 m;
- VLP do beiral: seção 4,5 x 28 cm (variação da altura), comprimento bruto 1,30 m;
- VLP da varanda: seção 4,5 x 28 cm, comprimento bruto 2,80 m.

Os pilares da varanda devem ser assentados e seus topos recortados antes do assentamento dos componentes da estrutura de apoio.

As ferramentas, equipamentos e máquinas necessários para o preparo das interfaces são: marreta, martelo, serrote, talhadeira, colher de pedreiro, enxada, serra circular manual,

andaimes, escadas e linhas de náilon. As operações de preparo da interface estão representadas pelas subetapas 1 a 4 da **figura 68** e podem ser listadas, como a seguir:

Operação 1 - regularizar todos os oitões com a mesma inclinação e planificá-las entre si;

Operação 2 - entalhar a alvenaria para os apoios das VLP composta, do beiral e da varanda;

Operação 3 - chumbar os berços sobre os oitões;

Operação 4 - Assentar as VLP do beiral;

Operação 5 - Assentar a VLP composta na região da cozinha;

Operação 6 - Assentar os pilares da varanda;

Operação 7 - Assentar as VLP da varanda.

Ao final do preparo das interfaces, o plano inclinado deverá estar com todos os componentes VLP da estrutura de apoio assentados e prontos para receber os componentes VLP da trama. O plano inclinado deverá configurar um polígono retangular, assim sendo, seus ângulos deverão ser retos, ou 'esquadrejados'. Os dados das verificações observadas durante a etapa de preparo da interface na montagem da cobertura VLP serão apresentadas no capítulo 6.

A etapa de preparo da interface, por ser a primeira do processo de montagem do sistema de cobertura VLP no canteiro de obras, tem sua importância pela verificação de possíveis erros de etapas anteriores - e que podem comprometer o sistema VLP - e pela preparação para o assentamento dos componentes da estrutura de apoio e da trama. Esses erros devem ser corrigidos; na medida do possível, devem ser previstos e corrigidos nas etapas de levantamento das alvenarias. Muitas casas do Projeto Inovarural apresentaram erros que tiveram de ser corrigidos; entretanto, não foi registrada nenhuma casa com um erro tão grande que a inviabilizou para a etapa de preparo das interfaces, e consequentemente, para as outras etapas.

O assentamento dos componentes da estrutura de apoio demandou certo rigor geométrico - alinhamentos, nivelamento, manutenção de planos inclinados -, porém, nada fora dos conhecimentos básicos do mestre de obras.

4.6.2. Etapa de assentamento das VLP simples

É o assentamento completo das VLP simples de 2,70 m e 3,40 m e seus acessórios sobre o plano inclinado das duas águas da cobertura. Essa etapa está caracterizada pelas subetapas 5, 6 e 7 da **figura 68**. Ao final da etapa anterior 'preparo das interfaces', o plano inclinado estará pronto para receber os componentes da trama: as VLP simples. Por serem leves, esses componentes são facilmente içados para o alto da cobertura. Inicia-se pelo assentamento das VLP de 2,70 m de uma água, em seguida assentam-se as VLP de 3,40 m, dessa mesma água.

Repete-se o processo na outra água. Uma vez que todos os componentes VLP simples estejam assentados, parte-se para a fixação do cabo de aço, depois de pregados os espaçadores entre cada VLP simples. Esses espaçadores são posicionados no meio de cada ambiente da casa, e entre cada VLP simples, conforme a **figura 30** - 'perspectiva do conjunto da cobertura VLP da casa modelo 3QBD'.

As ferramentas empregadas na etapa de assentamento dos componentes VLP simples são martelo e serrote. Para a passagem do cabo de aço foi realizada a pré-furagem, com a furadeira, nas VLP simples, na metade do vão de 2,70 m. O equipamento mais solicitado é a escada. Embora não utilizada, recomenda-se deixar uma serra circular manual de prontidão, caso seja necessário fazer algum recorte ou ajuste em peças maiores, ou em grandes quantidades.

Os materiais empregados nesta etapa são os pregos e o conjunto dos cabos de aço. O prego 19x36 faz a fixação do chapuz sobre o berço das VLP simples e sobre uma face das VLP simples. Pela posição em que se encontra o chapuz, o prego entrará na diagonal (prego de 'viagem') e pelo comprimento deverá passar a espessura do berço. O outro prego utilizado é o 17x27 na fixação das emendas das VLP simples. Na fixação dos espaçadores (*Eucaliptus spp*) são utilizados pregos 19x36, 1 em cada extremidade. Dessa forma os espaçadores não estão exatamente alinhados. O conjunto do cabo de aço (cabo de aço, cliques para aperto e chapa de aço furada) encerra a etapa do assentamento das VLP simples e deixa a estrutura da cobertura pronta para receber os revestimentos cerâmicos da cobertura.

Os únicos resíduos dessa etapa são os pregos que caem ou que entortam. Não há resíduo de recorte de madeira, pois os componentes VLP simples e demais componentes estão com suas medidas prontas para serem assentados. Apenas alguns pequenos reparos, mas nada que mereça ser mensurado.

As operações da etapa de assentamento das VLP simples podem ser listadas como a seguir:

Operação 1: Assentar as VLP simples de 2,70 m;

Operação 2: Assentar as VLP simples de 3,40 m;

Operação 3: Fixar os espaçadores de *Eucaliptus spp*;

Operação 4: Assentar o conjunto dos cabos de aço.

As operações 1, 2 e 3 são repetidas na outra água da cobertura. Estando as duas águas com as três primeiras operações finalizadas, inicia-se a operação 4. As verificações observadas durante a etapa de assentamento dos componentes da cobertura VLP no canteiro de obras serão apresentadas no capítulo 6.

Os resultados do assentamento dos componentes VLP simples confirmaram que o sistema de cobertura VLP era de montagem simplificada e rápida, demandando pouca qualificação técnica do 'carpinteiro' e sua equipe. Porém, a última operação desta etapa se mostrou com grau de dificuldade um pouco maior, por necessitar maior controle dos ajustes na tensão do cabo de aço. A importância do cabo de aço para a manutenção da posição das VLP simples e para a retenção dos esforços de torção destas faz que este componente (o cabo) deva ser monitorado periodicamente.

4.6.3. Etapa de assentamento da tabeira e dos revestimentos cerâmicos da cobertura

Etapa de colocação das tabeiras e das telhas cerâmicas do tipo 'romana', das telhas das bordas inclinadas, as 'paulistinhas', e das telhas de cumeeira. Pressupõe todas as etapas anteriores estarem prontas e que os materiais estejam próximos à casa. Basicamente, é uma etapa manual e com participação de todos os 4 membros da brigada. Usam-se serrote (ou a serra circular manual) e martelo no assentamento das tabeiras de eucalipto nas bordas inclinadas. Nas demais operações, não se usam nenhuma ferramenta nem máquina. Faz-se uso dos equipamentos básicos como escadas ou andaimes para a transposição das telhas do térreo para o plano inclinado da cobertura. Duas pessoas trabalham em cima do telhado, no assentamento das telhas e outras duas trabalham embaixo, ao nível do chão, pegando as telhas e lançando-as para cima.

Não há produção de resíduos de grande montante. Eles se resumem a poucos 'cacos' de telhas que se quebram ou telhas de má qualidade que são rejeitadas e aos pequenos destopos das tabeiras de eucalipto. Quando as telhas da borda lateral, oposta àquelas em que foi iniciada o assentamento, terminarem exageradamente para fora da projeção do plano inclinado e não puderem ser ajustadas em sua posição, estas poderão ser recortadas manualmente com uma 'turquêz'⁹¹ ou com uma serra manual com disco de corte para cerâmica. As telhas da cumeeira e da borda inclinada, chamadas de 'paulistinhas', são simplesmente repousadas em suas posições finais. Os emboçamentos são operações da próxima etapa.

As operações de assentamento dos revestimentos cerâmicos estão representadas pelas subetapas 8 e 9 da **figura 68** e podem ser listadas, como a seguir:

1. Fixar as tabeiras de eucalipto nas bordas inclinadas;
2. Assentar as telhas cerâmicas nas duas águas da cobertura da casa;

⁹¹ Ferramenta manual de corte reto aplicado sob pressão, própria para materiais duros como metais e cerâmicos

3. Posicionar as telhas “paulistinhas” nas 2 bordas laterais das duas águas; e
4. Posicionar as telhas da cumeeira na linha da cumeeira.

Os resultados dessa etapa demonstraram a facilidade com o assentamento dos revestimentos cerâmicos e, ao mesmo tempo, as dificuldades que as famílias tiveram em realizar a fixação das tabeiras. A última operação se mostrou ‘difícil’ apesar de sua aparente simplicidade. Por ser ‘novidade’, muitas famílias preferiram fixar as tabeiras em outro momento, que poderia ser na presença do mestre de obras e/ou da assessoria técnica. De qualquer maneira, ficou latente a pressa que as famílias tinham em querer cobrir suas casas com os revestimentos cerâmicos.

Os dados das verificações observadas durante a etapa de assentamento dos revestimentos cerâmicos da cobertura VLP no canteiro de obras serão apresentadas no capítulo 6.

4.6.4. Etapa de emboçamentos gerais

Etapa de assentamento com argamassa de rejunte das telhas do tipo “paulistinha” nas bordas laterais e das telhas do tipo “cumeeira” no encontro dos 2 planos inclinados. Está representada pela subetapa 10 (dividindo com a etapa do ‘forro’) na **figura 68**.

Os materiais empregados são a areia média e cimento, para fazer a argamassa de traço forte 1:2 para emboçar as partes descritas acima. São utilizadas ferramentas de pedreiro, bem como a habilidade básica desse oficial. Portanto, um membro do grupo com habilidade de pedreiro e um ajudante para misturar a argamassa e carregá-la são suficientes para a execução desta etapa.

As operações de emboçamentos das bordas laterais e da linha da cumeeira podem ser listadas, como a seguir:

1. Emboçar as telhas paulistinhas nas bordas laterais das 2 águas da cobertura da casa; e
2. Emboçar as telhas da cumeeira na linha da cumeeira.

Os resíduos dos emboçamentos das paulistinhas e da cumeeira foram poucos e insignificantes. O consumo de areia e cimento, por se tratar de quantidade pequena, aproveitou restos de materiais de outras etapas de obra (p.ex.: assentamento dos blocos cerâmicos), não havendo necessidade de compra específica para esta etapa.

O emboçamento geral da cobertura foi, praticamente, a última etapa da cobertura para a maioria das casas de Pirituba II, pois poucas foram as casas que fizeram uso do forro. Não houve registro de nenhuma dificuldade nesta etapa, apenas a necessidade de ter a tabeira assentada

para a finalização dos emboçamentos. Os dados das verificações observadas durante a etapa de emboçamento geral da cobertura VLP no canteiro de obras serão apresentados no capítulo 6.

4.6.5. Etapa de assentamento do forro

O forro se tornou rapidamente um componente pouco empregado nas casas do Projeto Inovarural. Isso se deu pelo fato de os recursos se tornarem escassos para a finalização das casas. O forro não foi classificado como componente obrigatório para atender a 'habitabilidade mínima'⁹². Dessa forma, das 49 famílias do Projeto Inovarural, apenas 7 famílias⁹³ tiveram condições de adquirir o forro da forma como ele foi proposto pela equipe da assessoria técnica. Os dados verificados na etapa de assentamento do forro dizem respeito a essas 7 casas e serão apresentados no capítulo 6. Essa etapa é representada na **figura 68** pela subetapa 10 (dividindo desenho com a etapa dos 'emboçamento geral').

As lâminas de forro de 0,8 x 7,5 cm derivaram das tábuas de 1,2 x 10 cm de *Pinus spp* de 3ª qualidade e ao seu custo foram adicionados 25%, pelo processamento e transformação de tábuas em lâminas. Os comprimentos predominantes continuaram com 1,90 m.

Pela própria condição do canteiro, ou seja, pelo fato de a cobertura já estar com todo o sistema VLP assentado, as lâminas de forro foram fixadas 'de baixo para cima', na face inferior das VLP simples; ficando as VLP da estrutura de apoio (VLP composta, VLP da varanda e VLP do beiral) aparentes e as VLP simples 'escondidas'. Tal modo de fixação se aproxima do convencional, pela técnica de fixação, mas se torna 'diferente' pela disposição em declive das lâminas, acompanhando a inclinação do plano das 2 águas. O volume interno da habitação é maior e apresenta uma sensação de maior conforto, devido à maior altura aparente.

As ferramentas empregadas foram: serrote, martelo e serra destopadeira elétrica. Essas ferramentas facilitavam a seleção e descartes de partes inutilizadas das lâminas, bem como os recortes em ângulo para os encontros de topo. Para a fixação, foram utilizados pregos 12x12 com cabeça. Os principais equipamentos foram as escadas e andaimes improvisados com restos de materiais e madeira.

As operações de assentamento do forro das coberturas em VLP estão listadas como a seguir:

1. Seleção das lâminas de *Pinus spp* de 3ª qualidade de 0,8 x 7,5 cm;

⁹² A CAIXA, financiadora dos materiais das 49 casas do Projeto Inovarural, estabeleceu critérios mínimos que o projeto das casas deveria atender e determinou que todas deveriam ter uma 'habitabilidade mínima', ou que atendesse um mínimo de qualidade ao final de suas construções.

⁹³ Adonil, Anísio, Camilo, Cleide, Doraci, Sebastiana e Zé Mendes.

2. Destopo em ângulo e descarte das partes não utilizáveis das lâminas de *Pinus spp* na destopadeira elétrica;
3. Fixação das lâminas de *Pinus ssp* de 3ª qualidade na face das VLP simples, nos ambientes internos;
4. Fixação das lâminas de *Pinus ssp* de 3ª qualidade na face das VLP simples, na varanda; e
5. Fixação das lâminas de *Pinus ssp* de 3ª qualidade na face das VLP simples, nos beirais laterais e frontais.

Os resultados da etapa de assentamento do forro, nas poucas casas em que foi aplicado, deixaram claras as dificuldades de ser assentado após a colocação dos componentes VLP, apesar do ganho de qualidade que as casas tiveram. O emprego das lâminas processadas a partir das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade aumentou esta dificuldade pela pequena quantidade de peças inteiras (o maior comprimento era de 1,90 m) e da grande quantidade de peças com defeitos. Esses dois aspectos diminuíram a qualidade final do produto com muitas emendas e com a superfície forrada apresentando muitos nós e outros defeitos.

Entretanto, a colocação do forro nas 7 casas de Pirituba II representou aumento de sua qualidade por melhorar a estanqueidade da cobertura contra os ventos que teimam em entrar, trazendo muita poeira; representa um melhor acabamento do sistema de cobertura VLP por vedar as VLP simples e os revestimentos cerâmicos; e, no caso específico da região de Itapeva, representa uma proteção maior contra o clima frio que predomina em boa parte do ano, melhorando o conforto térmico no exterior das casas.

CAPÍTULO 5 - Sistema de cobertura Painéis pré-fabricados desenvolvido para o Sepé Tiaraju

O presente capítulo apresenta o processo de desenvolvimento do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados aplicado nas casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju. Esse trabalho de pesquisa sobre as coberturas das casas iniciou na sequência da atuação do grupo de pesquisa Habis no Assentamento Rural Pirituba II. Seria natural a influência que as decisões tomadas neste assentamento influenciariam o projeto do Sepé Tiaraju. O sistema de cobertura VLP das casas de Pirituba II foi um desses sistemas que influenciaram a tomada de decisão das famílias do Sepé Tiaraju e do próprio grupo de pesquisa, para ser replicado em todas as casas. Ao longo do processo, foi necessária a mudança para um sistema de cobertura adequado às condições do Assentamento Rural Sepé Tiaraju e às exigências das famílias.

A estratégia adotada para apresentar este processo de desenvolvimento se baseou no conceito da “cadeia da produção”, conforme apresentado no item 3.4. As etapas da cadeia de produção são: 1ª parte - o processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados; 2ª parte - o processo de experimentação; 3ª parte - a aquisição dos materiais; 4ª parte - o processo de produção dos componentes na marcenaria; e, por fim, 5ª parte - o processo de montagem do sistema de cobertura no canteiro de obras das casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

Para aumentar a compreensão deste processo, optou-se por apresentar o projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, no item 5.1, antes de iniciar a apresentação detalhada das 5 etapas da cadeia de sua produção, que começa no item 5.2.

5.1. Projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados

Na concepção do sistema de cobertura para o Assentamento Rural Sepé Tiaraju, foram adotadas diretrizes para atender às condições de exposição e às exigências dos usuários.

Diretrizes impostas pelas condições de exposição do assentamento:

- Aspectos climáticos: clima quente na maior parte do ano, com verão quente e chuvoso, com fortes rajadas de vento;

- Aspectos físicos e geográficos: a distância das áreas urbanas dificultava o acesso e a comunicação entre as famílias e com a assessoria. As distâncias internas entre os lotes, além das dificuldades de acesso em períodos chuvosos (lama);
- A carência de infraestrutura edificada e de serviços públicos⁹⁴ como rede de energia, água e comunicação. Existe uma única edificação, onde funciona a escola, porém em condições precárias, necessitando de reforma; e
- Aspectos sociais e econômicos: o Assentamento Rural Sepé Tiaraju é de implantação recente. Grande parte das famílias está em precárias condições econômicas.

Diretrizes impostas pelas exigências dos usuários do assentamento:

- Adequação ao orçamento aprovado para o projeto de construção das casas;
- Adequação ao regime de trabalho em mutirão;
- Adequação às normas de construção; e
- Adequação às sazonalidades do cultivo das lavouras que exigem um regime de trabalho rígido em certas épocas do ano.

Para adequar a essas condições e exigências, foram adotadas as seguintes estratégias para o sistema de cobertura das casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju:

- Adotar o processo participativo com atuação direta das famílias nas tomadas de decisões e na mão de obra de todo o processo da cadeia de produção da cobertura;
- Adotar processo construtivo da cobertura adequado às precárias condições de exposição e às exigências dos usuários; e
- Adotar a pré-fabricação do produto e do processo para diminuir custos, agilizar o processo e melhorar a qualidade e o desempenho da cobertura.

Os princípios da sustentabilidade em suas várias dimensões, quais sejam, cultural, social, ambiental, econômica e política, atravessam todo o processo da cadeia de produção da cobertura. Esses não serão analisados diretamente, mas serão considerados ao longo de todo o processo.

O sistema de cobertura adotado para as casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju utiliza a técnica construtiva de “painéis pré-fabricados” apoiados diretamente sobre parte constituinte da “estrutura de apoio”. Esta estrutura de apoio define o plano inclinado e está na interface com a

⁹⁴ Durante a implantação do projeto, foi instalada a rede elétrica trifásica. A rede de água estava em implantação. Para a rede de telefonia fixa não há previsão de instalação. A telefonia móvel funciona precariamente.

alvenaria estrutural. O meio de ligação empregado foi o prego e o revestimento da cobertura a telha cerâmica.

Conforme as definições de termos para cobertura adotados por Cardoso (2000) e Sabbatini (2003) os Painéis pré-fabricados correspondem à parte constituinte da 'trama'. Os componentes do plano inclinado na interface com a alvenaria correspondem à parte constituinte da 'estrutura de apoio'. As tabeiras e as testeiras, componentes que fecham as bordas laterais desses painéis, correspondem à parte constituinte dos acabamentos da cobertura. A **tabela 13** apresenta as seções de cada componente da cobertura, seu comprimento e a quantidade de componentes na cobertura da casas modelo 3QC/2QC⁹⁵.

A estrutura de apoio é composta por 3 componentes. A viga da cozinha, primeiro componente, peça maciça de *Pinus spp* com seção de 7,5 x 25 cm, vence um vão de 3,60 m, entre a cumeeira e o frechal, e suporta o peso do conjunto da cobertura de uma superfície de aproximadamente 5,0 m². As terças, segundo componente, são peças maciças e serradas de *Pinus spp* de 5 x 15 cm; vencem um vão máximo de 2,70 m, suportam o peso dos painéis e estão ancoradas nas paredes de alvenaria da casa. Por fim, o terceiro componente da estrutura de apoio é o berço de *Pinus spp* de 2,5 x 10 cm, que tem a função de regularizar a superfície de apoio para o assentamento dos Painéis pré-fabricados e de distribuir sua carga sobre as paredes de alvenaria (entre a cumeeira e o frechal) e sobre as terças da cumeeira, intermediária e do frechal.

Existem 3 diferentes tipos de terças: 1ª) as terças de cumeeira com 1,90 m de comprimento, engastadas nas extremidades das paredes de alvenaria de cumeeira, onde blocos canaleta de cerâmica são previamente assentadas para o acolhimento desses componentes; 2ª) as terças do frechal, também com 1,90 m de comprimento, da mesma maneira que as de cumeeira, são engastadas nas extremidades das paredes de alvenaria do frechal; e 3ª) as terças intermediárias entre a cumeeira e o frechal estão chumbadas no apoio sobre os oitões e pregadas sobre a viga da cozinha; têm dois comprimentos: as internas com 2,70 m e as externas com 3,60 m. No encontro das terças com a alvenaria, estas recebem pregos na sua face lateral para o chumbamento da madeira ao bloco cerâmico por meio de argamassa forte. (**tabela 13**)

O painel pré-fabricado, parte constituinte da cobertura, denominado 'trama', é formado por 3 componentes. O principal é o caibro de *Pinus spp* de seção fixa 2,5 x 10 cm; com comprimento variando entre duas medidas (1,90 e 2,80 m). O segundo é a ripa de *Eucaliptus spp* seção 1,5 x 5 cm. O terceiro é o forro de *Pinus* "macho e fêmea" e seção 0,8 x 10 cm; com comprimento

⁹⁵ Projeto apresentado no item 3.3.2.

único, ela se adapta às duas larguras de painéis (2,70 e 3,60 m – alternando emendas nesse último).

Tabela 13 – Relação dos componentes do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados.

Fonte: autor

Parte constituinte: trama	Componente	Seção (bxh) cm	Comprimento m	Qtidade/painel unids	Volume/casa m³
Painel A 1,90 x 3,60 m 4 painéis por casa	Caibro	2,5 x 10,0	1,90	9	0,1710
	Ripa	5,0 x 1,5	3,60	7	0,0648
	Forro	10,0 x 0,8	3,00*	27	0,2189
Painel B 1,90 x 2,70 m 2 painéis por casa	Caibro	2,5 x 10,0	1,90	7	0,0665
	Ripa	5,0 x 1,5	2,70	7	0,0243
	Forro	10,0 x 0,8	3,00*	20	0,0821
Painel C 3,60 x 2,80 m 4 painéis por casa	Caibro	2,5 x 10,0	2,80	9	0,2520
	Ripa	5,0 x 1,5	3,60	9	0,1080
	Forro	10,0 x 0,8	3,00*	38	0,3226
Painel D 2,70 x 2,80 m 2 painéis por casa	Caibro	2,5 x 10,0	2,80	7	0,0980
	Ripa	5,0 x 1,5	2,70	9	0,0405
	Forro	10,0 x 0,8	3,00*	28	0,1210
Total da trama					1,5697
Parte constituinte: Estrutura de apoio	Componente	Seção cm	Comprimento m	Qtidade/casa unids	Volume/casa m³
Viga da cozinha	7,5 x 25	3,75	1	0,0703
Terça frechal	5,0 x 15	1,90	4	0,0570
Terça cumeeira	5,0 x 15	1,90	2	0,0285
Terça inter-med. interna	5,0 x 15	2,70	2	0,0405
Terça inter-mediária ext.	5,0 x 15	3,60	4	0,1080
Berço	10 x 2,5	2,70	5	0,0338
Berço	10 x 2,5	3,60	10	0,0900
Total da estrutura de apoio					0,4281
Parte constituinte: acabamentos	Componente	Seção cm	Comprimento m	Qtidade/casa Unids	Volume/casa m³
Tabeira	2,5 x 15	4,70	4	0,0705
Testeira	2,5 x 15	4,95	4	0,0743
Total dos complementares					0,1448
Total líquido de madeira na cobertura					2,1426

Observações: * peças do forro comprimento único de 3,0 m.

As figuras das partes constituintes da estrutura de apoio e dos acabamentos estão com os desenhos representados pelas sua vista lateral (conforme situação em projeto).

No corte AA da **figura 69**, podemos observar todos os componentes do sistema de cobertura em suas partes constituintes da ‘trama’, da ‘estrutura de apoio’ e os de ‘acabamentos’. Apenas a tabeira, que está representada na planta de cobertura da mesma figura, não está nesse corte.

X

Corte AA – s/ escala Casa modelo 3QC

Dimensões dos Painéis pré-fabricados
- comprimento e largura -
Painel A = 1,90 x 3,60 m
Painel B = 1,90 x 2,70 m
Painel C = 2,80 x 3,60 m
Painel D = 2,80 x 2,70 m

LEGENDA

Observação: todas as madeiras *Pinus spp* foram tratadas em autoclave com CCA - com retenção de 4 kg/m³
Ver os detalhes 1, 2, 3 e 4 na **figura 70**

1. Viga da cozinha <i>Pinus spp.</i> 7,5 x 25 cm	5. Berço <i>Pinus spp.</i> 2,5 x 10 cm	9. Testeira <i>Pinus sp</i> 2,5 x 15 cm.
2. Terça intermediária <i>Pinus spp.</i> 5,0 x 15 cm	6. Caibro <i>Pinus spp.</i> 2,5 x 10 cm	10. Tabeira <i>Pinus spp</i> 2,5 x 15 cm
3. Terça da cumeeira <i>Pinus spp.</i> 5,0 x 15 cm	7. Ripa <i>Eucaliptus spp.</i> 1,5 x 5,0 cm	
4. Terça do frechal <i>Pinus spp.</i> 5,0 x 15 cm	8. Forro de <i>Pinus</i> 0,8 x 10 cm	

Figura 69. Desenho técnico da casa modelo 3QC com o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados

Fonte: desenhos e dados do autor

Figura 70. Detalhes das interfaces do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Fonte: desenhos do autor

A viga da cozinha garante a sobreposição do vão de 3,60 m entre a cumeeira e o frechal e permite o apoio da terça intermediária. Um conector metálico (ver detalhe 3 da **figura 70**)

permite que a viga da cozinha se apoie na alvenaria do frechal sem interromper a cinta de amarração, localizada na penúltima fiada da parede.

Figura 71 – Perspectiva do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados e demais componentes. Fonte: desenhos do autor

A **figura 71** apresenta os 4 tipos de Painéis pré-fabricados (4A, 2B, 4C e 2D) que perfazem um total de 93,06 m² de superfície coberta, para uma área construída de 60,64 m²⁹⁶. Essa grande diferença se dá principalmente pelos beirais de 90 cm em todo o perímetro da casa, que têm o objetivo de aumentar a proteção das fachadas contra as intempéries.

⁹⁶ As medidas externas da casa são 7,35 x 8,25 m

A planta de cobertura está representada esquematicamente para demonstrar, em uma de suas 2 'águas', todos os Painéis pré-fabricados assentados. Na outra 'água', são enfatizados os componentes da estrutura de apoio, porém, o berço está "camuflando" as terças. Ainda nessa figura, a tabeira, localizada no beiral lateral, está fixada na face dos caibros dos Painéis pré-fabricados por meio de pregos (ver detalhe 4, **figura 70**). Ainda no detalhe 4 podemos ver o chanfro, na parte em balanço, da terça intermediária. A testeira, no beiral frontal, está fixada nos topos dos caibros dos Painéis pré-fabricados, nivelada com a altura da ripa dupla (ver detalhe 3, **figura 70**).

A ordem de assentamento dos painéis é, como indicado na **figura 71**, primeiramente pelo painel B, depois pelos 2 painéis A, fechando o assentamento dos painéis superiores. Assim se garante o alinhamento com a cumeeira e se pode iniciar o assentamento dos painéis inferiores. Não há uma obrigação técnica de se terminar uma água inteira para iniciar o assentamento de outra, porém, na prática, foi recomendado o término de uma água para o posterior início de outra.

Embora os painéis tenham certa flexibilidade na montagem, essa ordem aumenta o alinhamento entre os caibros dos painéis superiores com os caibros dos inferiores e garante o alinhamento entre as ripas dos que estão lado a lado. Terminado o assentamento dos painéis, faz-se a colocação das tabeiras e das testeiras, seguida da passagem dos conduítes da instalação elétrica (conforme projeto) e, por fim, o assentamento do revestimento cerâmico e seu emboçamento (bordas laterais e cumeeira).

Assim, é apresentado todo o projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Passa-se para a descrição das suas cinco etapas, conforme a cadeia de produção, iniciando pelo processo de desenvolvimento do projeto.

5.2. Processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados

O processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados foi realizado em dois cenários distintos: primeiro, uma frente atuando no Assentamento Rural Sepé Tiaraju junto às famílias, levantando as informações relacionadas às exigências dos usuários e as condições de exposição; e segundo, no Grupo de Pesquisa Habis, junto aos laboratórios da universidade.

No processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura, denominado de parte 1 da cadeia de produção dos Painéis pré-fabricados do Sepé Tiaraju, temos as seguintes etapas:

levantamentos preliminares, desenvolvimento de alternativas, participação das famílias e verificações dimensionais, conforme ordenamento apresentado no fluxograma da **figura 72**.

Figura 72. Fluxograma do processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados.

Fonte: desenhos e fotografias do autor e do grupo Habis

O fluxograma do processo de desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados apresenta em cada uma de suas etapas, as entradas e saídas. O resultado em si da etapa continua na próxima etapa, e o processo vai se repetindo naturalmente dessa forma.

Para o desenvolvimento de cada uma das etapas, foram considerados aspectos relacionados à sustentabilidade do processo nas suas cinco dimensões, quais sejam: dimensão social, cultural, ambiental, econômica e política. Eles passam por todo o processo e aparecem indiretamente nos resultados.

O levantamento de informações e desenvolvimento de estudos resulta numa dinâmica bastante particular dessa parte do processo, que é o ‘feedback’ constante entre assessoria e famílias. A assessoria produz um resultado, baseado em informações repassadas pelas famílias, pelas condições do sítio, pelas técnicas construtivas e outras. Esse produto é apresentado às famílias. Elas dão suas respostas e retornos à assessoria. Esse método é aplicado, na prática, em todas as etapas do processo de produção do sistema de cobertura, no que é chamado de *processo participativo*, onde a decisão final do que será aplicado é aprovado pela maioria das famílias e, dessa forma, se torna um acordo coletivo, respeitado e aplicado por todos.

5.2.1. Levantamentos e estudos preliminares

Na busca de informações sobre os potenciais fornecedores de materiais para a cobertura do projeto de construção das casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju, estes foram separados em 4 grupos: as madeiras, o forro, os revestimentos cerâmicos e os pregos. Os demais materiais têm peso irrelevante neste levantamento (cimento e areia para o emboçamento e o conector metálico de apoio da viga da cozinha).

Foi priorizada a busca por fornecedores da região geoeconômica, de cidades próximas ao assentamento. Não foi definida qual a precisão do tamanho da região geoeconômica do Sepé Tiaraju. Tomou-se como critério o fato dos fornecedores atenderem às condições e exigências apresentadas com custo benefício para o produto.

Em relação ao grupo de materiais de revestimentos cerâmicos da cobertura, a região de Tambaú, distante 80 km do Sepé Tiaraju, conta com uma ampla rede de fornecedores de produtos cerâmicos, por se tratar de região com jazidas da matéria-prima. Dessa forma, os levantamentos realizados com esses fornecedores se tornaram imbatíveis. O fornecedor escolhido de revestimentos cerâmicos, atendendo às condições e exigências, se comprometeu a entregar e fazer a descarga em cada lote.

Os fornecedores de forro com as melhores condições de material, custo e entrega não se encontravam próximos ao Sepé Tiaraju. Os que atendiam às condições estavam em regiões mais afastadas dentro do próprio estado, ou mesmo em estados vizinhos, conforme apresenta o **quadro 15**.

Quadro 15 – Levantamento de fornecedores de forro (serrarias) para o Assentamento Sepé Tiaraju.

Fonte: dados levantado pelo autor entre mar/jun 2007

Estado	Localização das serrarias	Distância até o Sepé Tiaraju	Especificações do material	Custo forro R\$/ m ²
São Paulo	Ribeirão Preto	25 km	Forro de <i>Pinus</i> tipo "paulista" macho e fêmea, imunizado. Comprimento de 3,0 m. Largura de 10 cm; Espessura ~10 mm	9,00
	São J. Rio Preto	240 km		7,50
	Buri	430 km		6,50
	Araraquara	115 km		9,00
Minas Gerais	Sacramento	215 km		8,50
Paraná	Sengés	460 km		7,00
Mato Grosso Sul	Águas Claras	650 km		7,00

As explicações para esse afastamento se devem principalmente à origem das florestas plantadas do *Pinus*. As regiões produtoras se concentram na região sudoeste do estado de São Paulo e Nordeste do estado do Paraná. Outras variáveis que interferem nos custos estão relacionadas com o tamanho do estoque dos fornecedores pesquisados. Na negociação com os fornecedores, aquele que atendeu melhor às condições colocadas entregou o forro de *Pinus* "imunizado" no Sepé Tiaraju sem custos com transporte. A descarga do forro aconteceu no local de produção dos painéis e foi realizada pelas próprias famílias do assentamento.

Do grupo de materiais para a cobertura das casas do Sepé Tiaraju, o prego foi o que menos dificuldades apresentou para a sua aquisição e recebimento. Os preços estão bastante controlados pelos poucos fornecedores que representam as metalúrgicas. Pelas condições impostas por esses representantes (envio de nota fiscal com pagamento à vista na entrega do produto), houve incompatibilidade com as regras do agente financiador da construção das casas e, assim, ficou inviável a aquisição a um custo mais reduzido. Recorreu-se ao comércio varejista, e um fornecedor de Serra Azul (parceiro do projeto⁹⁷) apresentou as melhores condições de pagamento e atendimento às exigências das famílias, além de entregar todos os pregos no endereço de uma família próximo à marcenaria (escola).

Estudos sobre o potencial madeireiro da região geoeconômica do Assentamento Rural Sepé Tiaraju, indicaram a existência de diversas serrarias com capacidade de produção e processamento de madeiras procedentes de florestas plantadas e de matas nativas, provavelmente da Floresta Amazônica⁹⁸. O **quadro 16** apresenta os resultados do levantamento realizado entre outubro e dezembro de 2006 em serrarias das principais cidades da região. É muito comum encontrar fornecedores que trabalham apenas com madeiras serradas de espécies nativas. Dessa forma, a pesquisa de serrarias se concentrou no levantamento de fornecedores de madeiras de florestas plantadas, notadamente o *Eucaliptus* e o *Pinus*. Assim, as serrarias

⁹⁷ O parceiro de projeto é aquele que respeita os princípios do projeto de construção das casas, oferece as melhores condições e tem maior compreensão das dificuldades inerentes a esse tipo de empreendimento

⁹⁸ Nenhum fornecedor entra em detalhes da origem madeiras, principalmente as de espécies nativas.

contatadas forneciam principalmente madeiras serradas de *Eucalyptus spp* e *Pinus spp*, porém, em algumas delas havia a disponibilidade de madeiras de espécies nativas.

Quadro 16 – Levantamento de fornecedores de madeiras (serrarias) na região geoeconômica do Assentamento Sepé Tiaraju. Fonte: dados levantado pelo autor entre out/dez 2006

Região	Localização das serrarias	Produtos de madeira	Tratamentos
São Carlos	São Carlos Ibaté Ribeirão Bonito Itirapina	Serrados diversas espécies Serrados de <i>Pinus spp</i> Serrados de <i>Eucalyptus spp</i> Roliços de <i>Eucalyptus spp</i> Costaneiras de <i>Eucalyptus spp</i>	Todos os tipos de tratamentos foram encontrados nas principais cidades da região, inclusive o tratamento em autoclave com preservativo CCA e CCB
Araraquara	Araraquara		
Ribeirão Preto	Ribeirão Preto Jaboticabal Sertãozinho		
Franca	Franca		

Em relação ao tratamento da madeira, ressalta-se que a maioria das serrarias pesquisadas dispunha de seu próprio tanque do tipo “autoclave” para tratamento sob pressão. Quando não o tinham, era fácil encontrar uma empresa de tratamento próximo à serraria (casos de Ribeirão Bonito e Itirapina), podendo estabelecer uma parceria de desdobro da madeira com tratamento das peças.

Uma característica particular de todas as serrarias que desdobram o *Pinus* é o atendimento à grande demanda de produtos para o canteiro de obras das construções convencionais, principalmente às que utilizam concreto armado. O principal produto consumido por esses canteiros de obras é a tábua serrada em diversas larguras e pontaletes, usados na confecção das formas para a concretagem. Em resumo, as serrarias produzem em larga escala tábuas de espessura 2,5 cm, ou 1 polegada, com largura variável entre 5 e 30 cm e comprimentos entre 2,0 e 5,0 metros⁹⁹.

Pelas suas características físicas e mecânicas, a madeira de *Pinus spp* atende com satisfação e segurança as exigências dos usuários e às condições expostas para uso em estruturas de cobertura. O eucalipto é usado com finalidades de maior exigência estrutural, mas também é bastante empregado em coberturas. No mercado da construção, as tábuas de *Pinus spp* são empregadas em larga escala para a confecção de formas, escoramentos e toda sorte de serviço de carpintaria dos canteiros de obra, principalmente as obras ditas provisórias e convencionais. É um mercado consolidado e de consumo regular de madeiras.

⁹⁹ Essa matéria-prima é bastante empregada na confecção de formas para a concretagem e demais usos em edificações convencionais provisórias e básicas dos canteiros de obras. A ironia está no fato de se fazer toda uma estrutura preliminar em madeira como base à estrutura final de concreto armado. Isto sem contar que, em muitas usinas de cimento portland, a madeira é fonte de energia dos altos fornos – carvão vegetal.

O levantamento do potencial madeireiro da região determinou um dos primeiros impedimentos para a replicabilidade do sistema de cobertura VLP no Sepé Tiaraju: não se encontrou na região a mesma matéria-prima empregada em Pirituba II. Nesse momento, partiu-se para o estudo de alternativas ao sistema de cobertura.

5.2.2. Desenvolvimento de alternativas

Ao encontro dessa oferta de fornecedores de madeira proveniente de florestas plantadas que surgiu o primeiro estudo, ou o primeiro material, para desenvolver o projeto de um sistema de cobertura que aproveitasse essa oferta de madeira da região do Assentamento Rural Sepé Tiaraju. Vários fatores condicionavam a escolha da alternativa de um sistema de cobertura que atendesse às condições de exposição. Entre os que prioritariamente determinaram a escolha foram: a) dificuldades impostas pelas distâncias e afastamento do assentamento rural com centros urbanos; b) precariedade de infraestrutura (falta de energia, água encanada, coleta de esgoto e de rede de comunicação), sem edificações adequadas que pudessem abrigar os materiais e uma possível produção seriada; c) condições climáticas adversas, como calor a maior parte do ano, períodos chuvosos frequentemente antecidos por rajadas de vento forte; e d) inexistência de mão de obra qualificada.

Expostas e vencidas essas condições, a proposta de sistema de cobertura deveria, ainda, atender às exigências dos usuários, quais sejam: a) segurança (estrutural, contra incêndios, no uso e operação); b) habitabilidade (conforto luminoso, acústico e térmico, estanqueidade às intempéries, saúde, higiene, qualidade do ar, conforto tátil e antropodinâmico); c) sustentabilidade (adequação ambiental, econômica, durabilidade e manutenibilidade); e d) adequação ao recurso financeiro disponível para o item cobertura no projeto aprovado pelo órgão financiador, mantendo a qualidade e o desempenho necessário para a habitabilidade.

Tomando partido de que os dois modelos de habitação (2QC e 3QC – vide **figuras 23 e 24** item 3.3.2) para as 67 famílias do assentamento estão inscritos numa mesma geometria retangular - de 7,35 x 8,25 m – a proposta deveria atender indistintamente às 67 casas com um desenho único para a técnica construtiva do sistema de cobertura.

Outras condições particulares ao projeto da cobertura foram incorporadas à medida que o projeto era desenvolvido: no caso de um painel pré-fabricado, o produto final não poderia ser exageradamente pesado. Qual o limite estabelecido? Foi simulada uma situação crítica no canteiro de obras. Por exemplo: pessoas carregando o ‘produto’ e erguendo-o por sobre a casa; sem máquinas, usando força manual para a transposição. Nessa simulação de precariedade da

situação real, duas pessoas carregando o “produto” por um curto período de tempo, seu peso não poderia exceder 120 kg.

Mas o processo de desenvolvimento do sistema de cobertura do Assentamento Rural Sepé Tiaraju começou ainda em 2006. Antes de iniciar a fase de estudos sobre o sistema de cobertura que seria empregado nas casas, estava bastante claro que a experiência adotada no Assentamento Rural Pirituba II era uma boa alternativa a ser replicada. Aliás, esse sistema de cobertura, entre outras técnicas que foram adotadas na construção das casas, e o resultado da experiência em Pirituba foram os principais motivadores do grupo de pessoas, representando uma associação dos moradores do Sepé Tiaraju, que procuraram o Grupo Habis para o assessoramento técnico na construção das moradias, ainda no decorrer do ano de 2005. Dessa forma, em meados de 2006 foi dado início ao desenvolvimento de alternativas para o sistema de cobertura das casas do assentamento.

A proposta de apresentação abaixo relatará as alternativas estudadas com uma descrição da tecnologia empregada, um desenho da seção transversal dos componentes do sistema de cobertura proposto e as considerações que viabilizavam ou não essas alternativas.

Conforme citado acima, a primeira alternativa, naturalmente, era o próprio sistema de cobertura adotado em Pirituba II – a cobertura VLP.

5.2.2.1. Alternativa 1 – o sistema de cobertura VLP – vigas laminadas pregadas.

Descrição do sistema de cobertura: emprego de tábuas de madeira serrada de *Pinus spp* de 3ª qualidade, de seção 1,5 x 14 cm e comprimento de 1,90 m para a composição dos componentes da trama (VLPs simples de 2,70 m e VLPs simples de 3,40 m), da estrutura de apoio (VLP composta e VLPs do beiral), conforme **figura 73** e para a produção de alguns componentes complementares; e o uso de *Eucalyptus spp* para a produção dos demais componentes complementares do sistema de cobertura.

Vislumbrou-se a possibilidade de entrega de tábuas pré-usinadas¹⁰⁰, antevendo a questão da precariedade de local para a instalação de uma marcenaria de porte médio no Assentamento Rural Sepé Tiaraju e o aumento de custo com a incidência da mão de obra.

Algumas considerações que viabilizariam a alternativa 1:

- Promoção do uso de produto de outro assentamento rural, da marcenaria coletiva e autogestionária de moradores do Assentamento Rural Pirituba II;

¹⁰⁰ Na pré-usinagem, processou-se as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade na desempenadeira, desengrossadeira e possivelmente com destopos, deixando-as com as seções e comprimentos finais.

- Matéria-prima proveniente de florestas plantadas da espécie *Pinus spp* e *Eucaliptus spp*;
- Uso de tábuas pré-usinadas, preparadas para a pré-fabricação dos componentes do sistema de cobertura VLP; e
- Uso de local menor e sem grande infraestrutura para a pré-fabricação das VLP.

Figura 73 – Madeiras da alternativa 1. Sistema de cobertura VLP. Esquema com seções transversais dos componentes da trama e da estrutura de apoio. Fonte: Desenhos do autor

Algumas considerações que inviabilizariam a alternativa 1:

- Matéria-prima não disponível na região do Assentamento Rural Sepé Tiaraju;
- Consumo elevado de madeira, embora o custo do m³ seja muito atraente; e
- Os custos incorporados de mão de obra e transporte sobre as tábuas pré-usinadas ainda se encontravam elevados. A inexistência de um local de porte médio para a produção dos componentes VLP no Sepé Tiaraju impôs a compra de tábuas pré-usinadas, agregando custos de mão de obra e frete.

5.2.2.2. Alternativa 2 – Sistema de cobertura convencional

Descrição do sistema: cobertura convencional com a trama do tipo 'ripa, caibro e terço' e estrutura de apoio (**figura 74**) usando-se uma viga maciça biapoiada e componentes de acabamento como testeira e tabeira. Geralmente, a espécie mais encontrada nas serrarias e no comércio varejista é o *Eucaliptus spp*. O meio de ligação empregado seria o prego liso.

Figura 74 – Madeiras da alternativa 2. Sistema de cobertura convencional. Esquema com seção transversal dos componentes; bitolas de mercado. Fonte: desenhos do autor

Algumas considerações que viabilizariam a alternativa 2:

- Matéria-prima disponível na região, porém as florestas plantadas se encontram cada vez mais distantes. Existem serrarias na região com disponibilidade de desdobro das toras;
- Índice de consumo de madeira dentro dos padrões de m^3/m^2 ¹⁰¹;
- Custo da madeira de médio a baixo em relação aos preços do mercado; e
- Técnica construtiva de fácil capacitação.

Algumas considerações que inviabilizariam a alternativa 2:

- Recurso disponível não contemplaria aumento da qualidade da cobertura, por exemplo, não possibilitando o emprego de forro;
- Aumento de custo pela contratação de mão de obra. Inviabilidade da adoção de sistema de autoconstrução por necessitar de mão de obra qualificada. Escassez de mão de obra qualificada (carpinteiro) do próprio assentamento, obrigando a alternativa de contratação de mão de obra externa;
- Usando-se o *Eucaliptus spp*, a trabalhabilidade não é elevada, porém é dificultada nos empregos de serrote e pregagens mais duras, recorrendo-se à pré-furagem; o eucalipto tem grande tendência a rachar;
- Uso de sistema convencional, sendo grande a possibilidade da adoção de um sistema inovador com adequação às condições locais.

5.2.2.3. Alternativa 3 – Sistema de cobertura convencional em composição com tábuas de *Pinus spp*

Essa alternativa se mostrou bastante atraente por atender as diretrizes anunciadas no projeto do sistema de cobertura de Pirituba: utilizar-se-ia uma madeira com melhor trabalhabilidade – o

¹⁰¹ Consumo de madeiras (metro cúbico) por área construída (metro quadrado)

Pinus spp - e aproveitar-se-iam as madeiras disponíveis na região geoeconômica do assentamento.

Descrição da tecnologia – Aplicação de madeiras serradas da espécie *Pinus spp*, do tipo tábua de espessura fixa 2,5 cm, larguras entre 5 e 30 cm e comprimentos entre 2,0 m e 5,0 m para a produção de sistema de cobertura convencional, com trama “ripa, caibro e terço” e estrutura de apoio com viga maciça biapoiada (**figura 75**). No caso do emprego de madeiras da espécie *Pinus spp*, é indicado o uso do tratamento à base de impregnação de CCA em autoclave.

Figura 75 – Madeiras da alternativa 3. Esquema com seção transversal dos componentes; tábuas de seção única de 2,5 cm. Fonte: desenhos do autor

Algumas considerações que viabilizariam a alternativa 3:

- Baixo custo da matéria-prima;
- Matéria-prima disponível em serrarias da região proveniente de florestas plantadas¹⁰²;
- Adoção de uma espessura única tende a simplificar o processo como a redução dos custos na aquisição, boa trabalhabilidade no manuseio das peças e exequibilidade do componente do sistema de cobertura convencional; e
- Facilidade na composição de componentes com maior solicitação estrutural.

Algumas considerações que inviabilizariam a alternativa 3.1:

- A composição de componentes mais altos e esbeltos para vencer vãos maiores aumentava sua instabilidade lateral;
- Processo construtivo semiartesanal, apesar da composição de peças, tem tendência a incorporar custos com a contratação de mão de obra e dificuldade na adoção do forro; e
- Por ser produto diferente do convencional, necessitava maior monitoramento na sua montagem, embora de fácil capacitação da mão de obra.

¹⁰² Os fornecedores, proprietários das serrarias, sinalizam a dificuldade de encontrar matéria-prima na região. As florestas plantadas com idade ideal de corte estão se reduzindo nas regiões centro e norte de São Paulo.

A alternativa 3 apresentou características que a colocavam em situação privilegiada perante as anteriores. Entretanto, considerando-se que a figura do mestre, decisiva na experiência de Pirituba II, não estaria disponível no Sepé, a assessoria propôs uma revisão da alternativa 3 incorporando o processo de pré-fabricação e adotando componentes mais simples nas partes constituintes da trama e da estrutura de apoio do sistema de cobertura. Desse modo, a alternativa 3 evoluiu para alternativa seguinte.

5.2.2.4. Alternativa 4 – Sistema de cobertura Painéis pré-fabricados em composição com tábuas de *Pinus spp*

Aproveitamento do potencial madeireiro da região geoeconômica do assentamento empregando madeiras serradas de *Pinus spp* e *Eucalyptus spp* de diversas bitolas e tamanhos, porém convencionais, adequando às condições precárias de infraestrutura do assentamento para a produção de um sistema de cobertura não convencional – painéis pré-fabricados.

Descrição do sistema de cobertura: A parte constituinte da cobertura, denominada trama, é composta por painéis pré-fabricados. A parte constituinte denominada estrutura de apoio - composta pela viga principal e terças¹⁰³ assentadas in loco - forma um plano inclinado sobre a alvenaria e recebe os Painéis pré-fabricados (**figura 76**).

Algumas considerações que viabilizariam a alternativa 4:

- Baixo custo da matéria-prima, tanto do *Pinus spp* como do *Eucalyptus spp*;
- Baixo consumo de madeiras em relação ao sistema de cobertura convencional;
- Matéria-prima disponível em serrarias da região proveniente de florestas plantadas¹⁰⁴;
- A pré-fabricação da trama da cobertura (painel pré-fabricado) se adequou às precárias condições de infraestrutura edificada;
- A adoção da pré-fabricação no processo de autoconstrução permitiu o uso do forro, melhorando a qualidade ao produto e não extrapolou o recurso disponível para o projeto;
- Possibilidade de geração de trabalho e renda com a montagem de um local de produção do painel pré-fabricado com capacitação e qualificação da mão de obra local; e
- Boa trabalhabilidade no manuseio dos componentes e exequibilidade na fabricação dos painéis e na montagem da cobertura; o produto final - painel pré-fabricado - é leve.

¹⁰³ No caso do projeto do sistema de cobertura do Sepé, a terça foi classificada como componente da estrutura de apoio por ser independente dos componentes da trama e não participar da pré-fabricação dos painéis.

¹⁰⁴ Idem nota 9.

Figura 76 – Madeiras da alternativa 3.2. Sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Fonte: desenhos do autor

Algumas considerações que inviabilizariam a alternativa 4:

- Maior controle na sua produção inicial, por se tratar de um sistema de cobertura inovador e necessitar de capacitação das famílias. Mesmo sendo, o processo de produção e montagem bastante simples e de fácil apreensão; e
- A montagem da marcenaria, embora com emprego de poucas máquinas, necessita de um espaço e infraestrutura nem sempre disponível. Prever a origem de recursos para a aquisição dos maquinários¹⁰⁵, equipamentos e instalação elétrica, independentemente dos recursos alocados para a construção das casas.

Todas as alternativas passaram por um pré-dimensionamento, adequados ao projeto de arquitetura 3QC e 2QC das casas do Sepé Tiaraju, para a sugestão de seções que estão apresentadas em cada uma delas.

Os resultados do desenvolvimento de alternativas permitiram chegar à proposição do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados e confirmaram a sua superioridade em relação às demais propostas, principalmente ao sistema de cobertura VLP que foi a primeira proposta a ser estudada e, desde o início, a referência das famílias para ser adotada nas coberturas das casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

5.2.3. Participação das famílias na escolha do projeto da cobertura

O processo participativo foi um dos princípios de atuação e estratégias que o grupo Habis aplicou desde o início do projeto das casas junto às famílias no Assentamento Rural Sepé Tiaraju. Seguido à etapa de desenvolvimento de alternativas, deu-se o início da etapa de participação das famílias para definir o sistema de cobertura a ser aplicado nas suas casas.

Assim, a etapa de desenvolvimento de alternativas do sistema de cobertura foi conduzida de maneira a atender às precárias condições de infraestrutura, à qualificação da mão de obra e aos

¹⁰⁵ A adaptação do local de produção como a aquisição de materiais para a adequação e instalação de rede elétrica e o emprego de máquinas e equipamentos contou com a doação e empréstimos de parceiros do projeto

recursos reduzidos. Os estudos realizados das 4 alternativas de cobertura permitiram sistematizar dados relativos ao projeto e produção das 3 soluções de cobertura para o Assentamento Sepé Tiaraju. A partir de então, foi elaborado um quadro comparativo (**quadro 17**) com as variáveis consideradas significativas naquele momento para apresentar as vantagens e desvantagens de cada alternativa aos assentados.

Foram apresentados os custos finais de cada sistema, considerando-se os valores individuais da estrutura de madeira, do forro de *Pinus*, das ferragens, da secagem, do tratamento e do frete. O projeto base de comparação foi o mesmo para todas as alternativas: o 3QC. Foram apresentados, isoladamente, os volumes de madeiras com seu custo, preços dos meios de ligação (pregos) e o tempo gasto para cobrir a casa.

Resumo Comparativo entre os 3 sistemas de Cobertura												
Assentamento Rural Sepé-tiaraju – Município de Serra Azul, SP												
Sistema Convencional				Sistema VLP				Sistema Painel Cobertura				
volume de madeira *1	custo da madeira	ferragens *2	tempo de montagem *3	volume de madeira	custo da madeira *4	ferragens *2	tempo de montagem *3	volume de madeira *1	custo da madeira	ferragens *2	tempo de montagem *3	
3,09	R\$ 1.340,91	R\$30,00	3 dias	4,04 m³	R\$ 1.138,36	R\$ 85,00	3 dias	2,52 m³	R\$ 1.150,08	R\$25,00	1 dia	
Materiais e Serviços				Materiais e Serviços				Materiais e Serviços				
estrutura	2,10 m³		R\$ 832,55	estrutura	2,95 m³ *s		R\$ 590,00	estrutura	1,272 m³		R\$ 505,64	
forro 1,5x10 cm	0,99 m³/ 66 m²		R\$ 508,36	forro 1,5x10 cm	0,99 m³/ 66m²		R\$ 508,36	forro 1,5x10 cm	1,255 m³		R\$ 644,44	
madeira eucalipto	não		R\$ 0,00	madeira eucalipto	0,10 m³		R\$ 40,00	madeira eucalipto	nada		R\$ 0,00	
ferragens	6 kg pregos		R\$ 30,00	ferragens	17 kg pregos		R\$ 85,00	ferragens	5 kg pregos		R\$ 25,00	
secagem	3,09 m³		40,17	secagem	4,04 m³		R\$ 52,52	secagem	2,527 m³		R\$ 32,85	
tratamento	3,09 m³		R\$ 154,50	tratamento	4,04 m³		R\$ 202,00	tratamento	2,527 m³		R\$ 126,35	
frete	3,09 m³		R\$ 69,53	frete	4,04 m³		R\$ 90,90	frete	2,527 m³		R\$ 56,86	
total	R\$ 1.635,11			total	R\$ 1.568,78			total	R\$ 1.391,14			
Especificações de preços				Observações								
madeira serrada	tábuas		R\$ 395,00	*1. considera as ripas, cabros, terças, outras madeiras da estruturais e o forro (+10%)								
	ripas		R\$ 395,00	*2. considera pregos a R\$5,00/kg								
	vigas		R\$ 435,00	*3. considera um líder de grupo (com conhecimentos em carpintaria) e mais 3 ajudantes								
	forro proces.		R\$ 513,50	*4. madeira de lâminas serradas de pinus de 3ª qualidade a R\$200/m³								
secagem no pátio			R\$ 13,00	Para os três sistemas foi utilizada a mesma madeira (pinus elliottis), os mesmos tratamentos e cuidados de preservação, além de estar sendo estudado sobre o mesmo projeto de arquitetura – a casa do modelo 3QC (3 quartos cerâmico)								
tratamento em imersão			R\$ 50,00									
frete de 150 km			R\$ 22,50									
fonte: Cajari madeiras												

Quadro 17 – Comparativo financeiro entre os 3 sistemas de cobertura apresentado às famílias

Optou-se por apresentar às famílias apenas as 3 alternativas - sistema convencional, sistema VLP e sistema de Painéis pré-fabricados (**figura 77**). Por uma questão de adequação, a alternativa 3, sistema de tábuas (ver item 5.2.2.3), evoluiu para a alternativa 4 (sistema em painéis). O sistema de tábuas, apesar de suas vantagens, apresentava algumas questões que o inviabilizavam, além de não ter incorporado a pré-fabricação no seu processo de produção, que até então era convencional.

Figura 77 – Alternativas de sistemas de coberturas apresentadas às famílias em assembleia de 12 de fevereiro de 2007. Fonte: autor

Esta apresentação das propostas de sistemas de cobertura, realizada no assentamento, em assembleia do dia 12 de fevereiro de 2007, na “escola” do assentamento, contou com presença da maioria das 77 famílias. Nesse encontro da assessoria com as famílias para decidir sobre a escolha do sistema de cobertura que seria aplicado na construção das casas, a estratégia adotada foi a de usar a representação mais visualmente simples e interativa. Para facilitar a compreensão das diferenças entre as 3 alternativas, foram apresentados os desenhos em perspectiva da cobertura com os componentes individualizados, (ver **figura 77**). Foram apresentadas também as informações dos componentes e as variáveis que diferenciavam as alternativas, como: volume de madeira consumida, ter ou não o forro e o custo total de cada sistema de cobertura.

Figura 78 – Momentos da apresentação das alternativas e escolha do sistema de cobertura das casas para as famílias (3 alternativas ao fundo na parede). Fonte: foto do autor

Como forma de tornar mais eficiente a compreensão dos sistemas de cobertura, foi apresentado um modelo reduzido (maquete) da casa 3QC (**figura 78**), onde se podia ver o sistema convencional e o sistema em Painéis pré-fabricados¹⁰⁶. Este foi aprovado pela maioria das famílias presentes.

¹⁰⁶ Não foi possível preparar a maquete do sistema de cobertura VLP para este momento.

Após a apresentação dos 3 sistemas de coberturas, as famílias explicitaram suas dúvidas quanto às características de cada uma delas. Além das dúvidas, esclarecidas pelas informações que estavam nos pôsteres, outras questões foram levantadas: qual a durabilidade das madeiras de *Pinus*? Como seria a produção dos painéis? Onde seria o local de produção dos painéis? Qual a garantia de que o sistema funcionaria? Entre os esclarecimentos dados pela assessoria, algumas famílias colocavam suas impressões sobre os sistemas de cobertura apresentados – dois já conheciam o sistema VLP aplicado em Pirituba II, outro disse que já conhecia o sistema de painéis fabricados (?). Passada essa parte da assembleia, foi realizada a votação direta¹⁰⁷, onde a maioria dos presentes votou pela aplicação do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados em todas as casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

Após esse momento de escolha passou-se para a etapa de verificação do cálculo estrutural e para a experimentação em laboratório para obter dados de produção e para o aperfeiçoamento da proposta. Os encaminhamentos após esse encontro foram sobre a continuidade do processo do sistema de cobertura em Painéis pré-fabricados, que estava em fase de desenvolvimento. Faltavam alguns ajustes quanto aos quantitativos exatos para o conjunto do assentamento, que dependiam da decisão das famílias sobre a escolha do sistema de cobertura. Os próximos passos do processo foram esclarecidos às famílias e quem se encarregaria deles:

- Afinar os quantitativos de materiais da cobertura - assessoria;
- Definir a escolha pelo tipo de revestimento cerâmico - famílias;
- Confirmar os cálculos dimensionais da estrutura - assessoria;
- Buscar possíveis parceiros para o fornecimento de materiais – assessoria e famílias;
- Fazer a aquisição dos materiais do sistema de cobertura;
- Definir e preparar e equipar (máquinas e equipamentos) o local de produção dos painéis nas dependências do Sepé Tiaraju – famílias e assessoria; e
- Capacitar os líderes de brigadas na produção dos painéis e na montagem da cobertura – assessoria.

Nesse momento da escolha do sistema de cobertura, fevereiro de 2007, os 4 núcleos do Assentamento Rural Sepé Tiaraju contavam com a organização de brigadas para a produção das casas. Cada brigada contava com uma média de 4 integrantes, sendo um, o líder, ou aquele que se passava por pedreiro, ou o mestre de obras. Este líder seria capacitado para a produção dos painéis e a montagem da cobertura.

¹⁰⁷ Houve apenas um voto a favor do sistema VLP. Os demais votos foram para os Painéis pré-fabricados.

A participação das famílias no processo de escolha do sistema de cobertura se deu neste contexto, mais simplificado que o realizado em Pirituba II. Porém, ficou explícito o entusiasmo delas com a possibilidade de ter suas casas cobertas com telha cerâmica e toda forrada - onde apenas 6 famílias conseguiram 'forrar' suas casas. A estratégia da assessoria técnica de apresentar quadros comparativos dos sistemas, com desenhos em perspectivas e maquete definiu um diálogo mais interativo e participativo. As famílias presentes compreenderam as propostas apresentadas e puderam decidir qual sistema de cobertura adotar.

Pelo histórico de conquistas, algumas famílias se mostravam céticas com tanta euforia e agiam com certa desconfiança. Nesse momento, a assessoria propôs o planejamento e a construção de um protótipo da cobertura com os Painéis pré-fabricados; que fosse construído no campus da EESC/USP para monitorar as informações de pesquisa, e ainda, que as famílias, ou seus representantes, participassem do processo de montagem como forma de compreenderem o projeto e, até mesmo, apresentassem sugestões de melhorias, além de se capacitarem. A proposta foi aceita. A assessoria deveria comunicar a data da visita para a montagem do protótipo. A partir desse momento, foram aprofundadas as verificações técnicas do sistema de cobertura, principalmente o cálculo dimensional, como será visto a seguir.

5.2.4. Verificações dimensionais do sistema de cobertura

Para o dimensionamento dos componentes do sistema de cobertura, tanto os do painel, como os da estrutura de apoio, foram adotadas as prescrições da NBR 7190 (ABNT, 1997) – Projeto de Estruturas de Madeira. (**apêndice 3**) A proposta do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados mantém a mesma hierarquia estrutural da trama do sistema de cobertura convencional, qual seja: ripa, caibro e terço¹⁰⁸, porém com diferença na classificação das madeiras empregadas (componentes não convencionais), nas medidas utilizadas (seções fora do padrão convencional de telhados, mas com medidas existentes no mercado), no produto (painel) e no processo construtivo e executivo (a pré-fabricação).

As seções finais dos componentes estão apresentadas na **tabela 14**. Observe-se que a ripa é o único componente que emprega madeira do gênero *Eucalyptus spp.* O forro, apesar de ser madeira de *Pinus*, não é considerado da mesma espécie que as demais madeiras empregadas. Segundo informações do fornecedor¹⁰⁹, a espécie é de *Pinus elliottii*, a mais comum para esse tipo de forro. As demais madeiras do sistema de cobertura, tanto as da trama como as da

¹⁰⁸ Idem nota 11 – no sistema de cobertura Painéis pré-fabricados a terço é componente da estrutura de apoio, diferentemente do sistema convencional, onde é componente da trama.

¹⁰⁹ Dados não confirmados em laboratório

estrutura de apoio, são do gênero *Pinus spp*, segundo informações do fornecedor¹¹⁰, da espécie *Pinus taeda*. Esse dado subsidiou o cálculo de dimensionamento dos componentes do sistema de cobertura.

Tabela 14 – Componentes empregados no sistema de cobertura Painéis pré-fabricados Fonte: autor

Partes constituintes	Nome dos componentes e gêneros da madeira	Medidas finais dos componentes		
		Base (cm)	Altura (cm)	Comprim. (m)
Trama (painel pré-fabricado)	Ripas - <i>Eucaliptus spp</i>	1,5	5,0	2,70 e 3,60
	Caibros – <i>Pinus spp</i>	2,5	10,0	1,90 e 2,80
	Forro de <i>Pinus</i>	10,0	0,8	3,00
Estrutura de apoio (plano inclinado)	Berços – <i>Pinus spp</i>	10,0	2,5	2,70 e 3,60
	Terças – <i>Pinus spp</i>	5,0	15,0	2,70 e 3,60
	Viga da cozinha	7,5	25,0	3,75
Acabamentos	Testeira – <i>Pinus spp</i>	2,5	15,0	4,95
	Tabeira – <i>Pinus spp</i>	2,5	15,0	4,80

De acordo com indicações da NBR 7190/97 sobre riscos de biodeterioração, as madeiras da cobertura das casas do Sepé Tiaraju se caracterizam pela situação de risco 2, quais sejam, “condições em que a madeira se encontra inteiramente protegida das intempéries, mas sujeita à reumidificação ocasional” e recomendam, por se tratar de madeiras de coníferas, a impregnação em autoclave. Dessa forma, desejando uma maior durabilidade e também uma maior resistência aos ataques de insetos e fungos, todas as madeiras de *Pinus spp* receberam tratamento autoclavado com preservativo CCA, solução de 4kg/m³. Na região geoeconômica, à qual pertence o Assentamento Rural Sepé Tiaraju, existem várias usinas de tratamento com autoclave.

Para o dimensionamento dos componentes do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados foram consideradas as informações da **tabela 15** obtidas da Norma Brasileira NBR7190/97 e baseadas na espécie *Pinus taeda*.

Tabela 15 - Características da madeira *Pinus spp* (*Pinus taeda*), situação indicada do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Fonte: NBR 7190/97

Peso específico à 12% de umidade	645 kg/m ³
Kmod 1 – classe de carregamento: carga permanente	0,60
Kmod 2 – classe umidade (1 e 2)	1,00
Kmod 3 – conífera (1ª e 2ª classe)	0,80
Kmod total	0,48
Módulo de elasticidade (E)	13.304 MPa
Compressão paralela às fibras (σ_{C0})	44,4 MPa
Cisalhamento paralelo às fibras (σ_{V0})	7,7 MPa

Para o dimensionamento do caibro, conforme indicado na **tabela 16**, foi considerada a situação de ‘viga biapoiada’, em um vão de 1,90 m (caso dos painéis A e B). Os caibros dos painéis C e D

¹¹⁰ Idem

quando a terça intermediária aí se apoia. Está no lugar do que seriam as paredes nas demais situações do plano inclinado da casa em estudo. (**tabela 18**)

O apoio superior da viga da cozinha, na altura da cumeeira, acontece sobre o bloco canaleta com concreto. (detalhe 1 da **figura 70**) Esse bloco é colocado já na fase de assentamento de toda alvenaria. O apoio inferior se dá por meio de um conector metálico que transfere o peso da viga para a face superior do bloco canaleta (neste caso específico é uma cinta de amarração), na região do frechal da alvenaria. (detalhe 3 da **figura 70**)

Tabela 18 - Dimensionamento da Viga da cozinha do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Fonte: aplicação da NBR 7190/97 e do autor (resumo da memória do cálculo no Apêndice 3)

Características da Viga da cozinha - Dados de projeto			
Seção da peça	7,5 x 25 cm		
Comprimento do vão	370 cm		
Deslocamento limite (flecha)	L/350 = 1,06 cm		
Carga pontual no meio do vão (5 m² de área de influência)	500 kgf		
Espaçamento entre vigas	270 cm		
Verificação da seção – coeficiente de segurança			
Critério do cisalhamento	5,40 kgf/cm²	≤ fv0	OK
Critério do momento fletor	2,99 kgf/cm²	≤ fc0	OK
Critério da flecha	0,5 cm	≤ 1,06 cm	OK
Vão máximo admissível	386 cm	≥ 370 cm	OK

Os resultados da verificação estrutural dos principais componentes do sistema de Painéis pré-fabricados confirmaram que eles resistiriam aos esforços a que estariam submetidos em serviço. Tendo os principais componentes do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados calculados, passou-se para a etapa de produção do protótipo. Antes, porém, de se fazer o protótipo, foi desenvolvido o projeto da mesa de produção dos painéis, que será tratado a seguir.

5.3. Processo de produção experimental

Denominada de parte 2 da cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, a produção experimental em laboratório foi proposta para verificar a viabilidade executiva do sistema de cobertura, e suas experimentações aconteceram no âmbito da universidade, no campus da EESC/USP.

A parte 2 está dividida em 4 etapas, conforme indicação abaixo e visualizada na **figura 79**: 1ª etapa: Mesa de produção dos painéis (MPP); 2ª etapa: Produção dos painéis A, B, C e D; 3ª etapa: Projeto de experimentação do protótipo do sistema de cobertura; e a 4ª etapa: Montagem da cobertura (meia água) do protótipo. O fluxograma do processo de experimentação em

laboratório apresenta em cada uma de suas etapas, as entradas e saídas. O resultado em si da etapa continua para a próxima etapa e o processo vai se repetindo naturalmente dessa forma.

Figura 79 – Fluxograma do processo de experimentação em laboratório.

Fonte: do autor

5.3.1. Mesa de produção dos painéis – MPP

A pré-fabricação tem como premissa a necessidade de um local independente para produzir componentes para a cobertura numa etapa anterior à do canteiro de obras, o que implica, além do desenvolvimento da técnica construtiva dos Painéis pré-fabricados (cálculo estrutural, desenhos do projeto e os detalhes executivos), o desenvolvimento de uma mesa com gabarito que permita a fabricação seriada de um mesmo componente com garantia de manutenção do padrão dimensional. Esse gabarito desenvolvido foi chamado de MPP (mesa de produção dos painéis).

A escolha do material para se executar a mesa levou em consideração as seguintes condições:

- Origem e recurso para aquisição dos materiais e pagamento da mão de obra para construir a MPP;
- Mão de obra para execução da MPP – oficina, dentro ou fora da universidade; e
- Prazo exíguo para o início da produção do sistema de cobertura no canteiro de obras.

Com base nessas condições, foi desenvolvida a proposta da MPP. Os materiais foram adquiridos utilizando-se recursos próprios do pesquisador, e a sua execução contou com a infraestrutura de três laboratórios: LCC¹¹¹, LMM¹¹² e LaMEM¹¹³ da Escola de Engenharia de São Carlos da USP. A experiência do pesquisador interferiu no desenvolvimento e confecção da MPP, o que reduziu o tempo entre a elaboração da proposta da MPP até a sua confecção, economizando tempo nos processos burocráticos e possibilitando ele mesmo monitorar o processo de projeto e produção da mesa. Os critérios adotados para a concepção da MPP foram:

- a) Uso de materiais facilmente encontrados na região;
- b) Fácil montagem dos painéis por profissionais sem qualificação;
- c) Flexibilidade no deslocamento do equipamento;
- d) Baixo custo do equipamento;
- e) Flexibilidade para produzir diferentes tamanhos e tipos de painéis;
- f) Flexibilidade para alterar o tipo de painel a produzir;
- g) Manutenção das características do projeto (tolerância e estabilidade dimensional);
- h) Agregar qualidade de acabamento ao painel;
- i) Fácil manutenção; e
- j) Rapidez no processo de produção.

Baseado nesses critérios, foi elaborado o primeiro estudo (**figura 80**), o qual atendia aos critérios *a*, *b*, *f* e *i*, mas não aos demais: deslocar com facilidade; consumo elevado de madeira, aumento

¹¹¹ Laboratório de Construção Civil, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP.

¹¹² Laboratório de Modelos e Maquetes, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP.

¹¹³ Laboratório de Madeira e Estruturas em Madeira, do Departamento de Engenharia Civil da EESC/USP.

do custo de produção; não estava garantida a estabilidade dimensional; e não se tinha clareza sobre a flexibilidade quando da alteração do tipo de painel a ser produzido.

Características do 1º esboço da mesa de produção dos painéis

- Madeira maciça de espécie “dura” para todos os componentes
- Barras roscáveis nas ligações

Critérios que inviabilizavam a proposta do 1º esboço:

- Volume elevado de madeira – custo alto;
- Não era desmontável, dificultando o transporte para outros locais;
- Não havia garantia quanto ao trabalho (empeno) das madeiras.

Figura 80 – Primeiro estudo da mesa de produção dos painéis. Fonte: desenhos do autor

Dessa forma, passou-se a estudar outra alternativa. O segundo estudo aprimorou o primeiro desenho e corrigiu suas falhas, atendendo aos critérios que não foram alcançados. A **figura 81** apresenta o desenho da mesa de produção de painéis - MPP – que foi desenvolvida pelo autor. A nova MPP, da mesma forma que a primeira, era inteiramente em madeira e com barras roscáveis nas ligações, porém, o consumo de madeiras, bem inferior.

A segunda proposta da MPP é composta de: 3 transversinas (6x12 cm de 3,5 m) apoiadas sobre os 3 pés criando o plano da mesa; sobre este, o tampo de MDF de 15 mm; sobre o tampo (a mesa), são posicionadas perpendicularmente às transversinas as 3 réguas com dentes que têm a função de gabarito para o posicionamento dos caibros do painel e deverão estar rigorosamente alinhadas; uma régua paralela a essas guias, chamada de ‘extensor’, posicionada externamente, garante que todos os caibros estejam alinhados pelas suas extremidades.

A MPP garante o correto posicionamento dos caibros no painel, com seus diversos comprimentos, para posterior fixação do forro e da ripa. Permite a montagem dos 4 tipos de Painéis pré-fabricados, possibilitando, assim, a produção padronizada em tamanho e no esquadro, admitindo uma tolerância dimensional de +/- 1,5 cm.

A sua produção¹¹⁴, desde a concepção do projeto da mesa, passando pela aquisição dos materiais e construção, demandou aproximadamente 20 dias. Neste processo, pôde-se confirmar a facilidade de produzir este equipamento e atender as demais condições expostas

¹¹⁴ A produção do protótipo da MPP, bem como a confecção dos painéis pré-fabricados, contou com a participação de alunos da graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP.

acima, fundamentais para viabilizar a pré-fabricação dos painéis no barracão da 'escolinha' no Assentamento Sepé Tiaraju. Porém, sua viabilidade na confecção seria colocada à prova na produção experimental dos painéis A, B, C e D, conforme apresentado no próximo item.

Figura 81 – Segundo estudo da MPP. Esboço final da mesa e momentos da produção.
Desenhos e fotos do autor

Fonte:

5.3.2. Produção experimental dos painéis A, B, C e D

A produção experimental dos painéis empregando-se a MPP foi realizada para verificar a facilidade executiva das suas operações, a eficiência da MPP, ferramentas e máquinas, e para obter dados de qualidade do painel pré-fabricado e dados de desempenho tanto do manuseio como na resistência estrutural necessária ao sistema de cobertura. Seria verificada a eficiência da MPP, bem como sua exequibilidade na produção dos painéis.

Foram avaliados os seguintes critérios na produção experimental:

No uso da MPP, sua eficiência quanto à:

- Garantia do alinhamento no posicionamento dos caibros;
- Estabilidade dimensional – garantir o “esquadro” do painel;

- c) Tolerância dimensional¹¹⁵ – garantir as dimensões de projeto;
- d) Acessibilidade (operacionalidade) do operador na pregagem do forro;
- e) Grau de dificuldade na retirada do conjunto caibro/forro da MPP; e
- f) Grau de dificuldade no deslocamento do conjunto caibro/forro (peso e estabilidade dimensional);

Nas etapas de produção dos painéis foram obtidos dados sobre:

- g) Grau de dificuldade das operações (destopar e posicionar os caibros na MPP, encaixar e pregar o forro, recortar os excessos e retirar o painel da MPP, pregar as ripas, recortar os excessos de ripas e estocar o painel pronto);
- h) Eficiência dos meios de ligação (pregos);
- i) Eficiência das ferramentas e máquinas;
- j) Tempo de produção de cada operação; e
- k) Equipe necessária para a produção do painel;

A **figura 82** apresenta as principais operações de produção dos painéis A, B, C e D, empregando a MPP, produção experimental executada no Laboratório de Maquetes e Modelos do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP.

Figura 82 – Processo de produção experimental dos painéis A, B, C e D. Fonte: fotografias do autor

¹¹⁵ Definir o termo tolerância. Ver trabalho de Luiz Gustavo della Nocce

De acordo com os critérios expostos acima, foram feitas as verificações do processo de produção experimental dos painéis A, B, C e D e da eficiência da MPP. Os itens de avaliação seguem a ordem dos critérios citados acima (de 'a' à 'k'):

- a) As cavidades, ou os dentes, da 'régua gabaritada' não podem impedir a movimentação dos caibros e devem, ao mesmo tempo, garantir o espaçamento previsto em projeto entre eles. A base e o anteparo do extensor (ver **figura 82**) garantem a posição inicial e final do caibro e o comprimento do painel que está em execução. Estabelecer uma medida mínima do dente de 30 mm, considerando-se que os caibros devem ter 25 mm de espessura, mas que podem vir com variações dimensionais;
- b) O tampo de MDF enrijece a MPP no plano horizontal não permitindo movimentações das réguas gabaritadas, porém a rigidez de ligação do extensor não está garantida com o aperto das barras roscáveis. Durante a fixação do forro, os golpes dos martelos podem afrouxar a posição do extensor, acarretando alterações do esquadro;
- c) As larguras dos painéis são garantidas pelas réguas gabaritadas. Uma tolerância de 0,4% da largura do painel (~10 mm no painel de 2,70 m e ~14 mm no painel de 3,60 m) não compromete a montagem da cobertura. Os comprimentos dos painéis são garantidos pelo destopamento dos caibros. A tolerância de 0,5% do comprimento do caibro é admissível (9,5 mm no caibro de 1,90 m e 14 mm no caibro de 2,80 m);
- d) A MPP propriamente não cria dificuldades de acesso às operações de produção (ver operação de pregagem do forro), apesar de que, em certos momentos, é necessário se posicionar sobre o painel para a fixação das lâminas de forro;
- e) É preciso folgar a régua fixa no extensor de um lado da MPP. Como os dentes da régua gabaritada não devem ser justos (devem ter uma folga de 5 mm – a largura dos caibros é de 25 mm), a retirada é facilitada, porém, é preciso que as 3 réguas gabaritadas (seus dentes) estejam bem alinhadas; empenos nos caibros podem dificultar a retirada do painel;
- f) A MPP deve ser transportável, ou seja, ser levada de um local para outro com certa mobilidade e facilidade, sem perda de suas medidas e dimensões. As partes da MPP são leves e de fácil manipulação. Porém, por ser de madeira e ser um equipamento de trabalho pesado, as barras roscáveis (meios de ligação) forçam os contatos com a madeira, afrouxando o diâmetro dos furos. Assim, após uma realocação, ou depois de um tempo de uso, todas as barras roscáveis devem ser ajustadas e as medidas da mesa verificadas;

g) De um modo geral, as operações de produção dos painéis podem ser classificadas como fáceis, pelas características da madeira (leveza e maciez na perfuração), pela funcionalidade da mesa em garantir o posicionamento dos componentes, pela quantidade reduzida de manuseio de ferramentas (martelos) e máquina (serra - circular manual de pequeno porte) e pela simplicidade no manuseio da máquina e do martelo. Em cada operação foram observados os seguintes fatos:

- O destopo dos caibros é realizado com a máquina 'destopadeira'. Um gabarito de comprimento fixo à bancada da máquina ajuda no correto destopo do comprimento do caibro. O posicionamento dos caibros destopados é guiado pelos dentes da régua gabaritada e pelas réguas dos extensores que limitam o comprimento do caibro. De um modo geral, essas duas operações são bastante simples e fáceis de serem realizadas;
- O encaixe do forro necessitava de uma atenção do operador para bem encaixar o lado "macho" da lâmina de forro, ao lado 'fêmea'. O mau encaixe pode criar curvas nas linhas do forro. A pregagem das lâminas é a operação mais difícil, pelo tempo gasto em realizá-la, em comparação com as demais. O uso de martelo, durante 30 minutos pode ser cansativo. O emprego de um martelo hidráulico, do tipo 'pinador', pode ser uma boa alternativa. Outra observação durante pregagem das lâminas foi o fato de que quando estas iam se aproximando do meio do painel (principalmente nos painéis mais compridos - C e D, de 2,80 m), ficava mais difícil o acesso do operador. Este precisava subir na mesa, sobre o painel, para a fixação das lâminas mais ao centro do painel;
- O recorte dos excessos de lâminas de forro é realizada com a serra circular manual de pequeno porte em todas as bordas do painel. Operação fácil e simples, pode ser realizada, também, por uma tico-tico, ou mesmo com serrote;
- É preciso uma equipe de 4 pessoas (2 de cada lado) para retirar os painéis de largura 3,60 m (A e C) da MPP, não pelo peso (+/- 70 e +/- 100 kg, respectivamente), mas pela dimensão e disposição do conjunto caibro forro sobre a MPP;
- Na fixação da ripa, a operação de pregagem é fácil pela trabalhabilidade da madeira, porém duas especificidades são importantes: primeira, saber a 'galga' da telha que será empregada na cobertura; segunda, prestar atenção com as posições iniciais das ripas nos painéis; no painel superior (cumeeira) a ripa é pregada próximo à borda superior, enquanto que no inferior a posição da primeira ripa leva em consideração a diferença da galga da última ripa do painel de cumeeira;

- Apesar de simples, os recortes dos excessos de ripas devem ser próximos às faces dos caibros, evitando-se ressaltos que alterem, durante a montagem na cobertura, os contatos entre os painéis. Nesta operação pode ser usada a serra circular, tico-tico, ou mesmo o serrote;
 - Dependendo do tipo de painel, seu peso varia ($A = 71,67 \text{ kg}$, $B = 54,52 \text{ kg}$, $C = 105,53 \text{ kg}$ e $D = 80,28 \text{ kg}$)¹¹⁶, precisa-se de mais pessoas para deslocá-lo. De um modo geral, não apresentou dificuldades na sua estocagem.
- h) Os pregos utilizados na produção experimental dos painéis da cobertura foram lisos e se mostraram ineficientes, independentemente de sua espessura. Por se tratar de madeira macia, os pregos saíam com certa facilidade. Foram usados pregos 12x12 para fixar as lâminas do forro nos caibros e 15x15 para fixar as ripas nos caibros. A partir da experimentação foi sugerido o emprego de pregos anelados 13x15 para o forro, e 15x18 para as ripas;
- i) O martelo é a ferramenta adequada para pregagem. Porém, observa-se que, pela quantidade de ‘marteladas’ na pregagem das lâminas do forro, é interessante pesquisar a viabilidade de empregar o “pinador”. Trata-se de equipamento que, dependendo da demanda de trabalho, pode ser viável pelo seu custo benefício. A destopadeira é de fácil operação e sem segredos de uso. É classificada como máquina de baixo risco de acidentes¹¹⁷. A serra circular manual é também de fácil uso e risco médio. Pode, eventualmente, ser substituída pela serra tico-tico ou pelo serrote. Essas duas máquinas e o martelo se mostraram bastante eficientes nas operações em que foram empregados.
- j) A operação de pregagem das lâminas de forro foi a que demandou maior tempo de execução. Foi possível constatar que, fazendo uma divisão percentual do tempo gasto nas sete operações (ver item anterior), desde o processo de destopo dos caibros até a estocagem do painel pronto, estes podem ser distribuídos da seguinte forma¹¹⁸ (ensaio com o painel C):
- Destopo e posicionamento = 5%
 - Pregagem das lâminas de forro = 60%
 - Recorte dos excessos de forro = 10%
 - Deslocamento para o ripamento = 3%

¹¹⁶ Valores de acordo com NBR 7190/97, apresentado no **quadro 26**, do item 5.5.3 – Confecção dos painéis na marcenaria.

¹¹⁷ Buscar a referência que cita a destopadeira como máquina de baixo risco

¹¹⁸ Estes dados foram coletados pelo pesquisador, mesmo com as diversas interferências ocorridas, e estavam sujeitas à verificação posterior no canteiro de obras. Dessa forma, o tempo de fato gasto em cada operação não corresponde à realidade, por isso a referência à proporcionalidade percentual, que corresponde a valores médios.

- Pregagem das ripas = 15%
- Recortes dos excessos de ripas = 5%
- Estocagem do painel pronto = 2%

k) Uma equipe de 4 pessoas pode trabalhar de forma distribuída nas sete operações listadas anteriormente para a produção do painel C – maior painel. Em algumas operações, as 4 pessoas atuaram ao mesmo tempo, por exemplo, na pregagem das lâminas de forro, nos deslocamentos do painel e na pregagem das ripas. Se acontecer alguma dificuldade em formar equipe de 4 pessoas, é possível produzir painéis com 3 pessoas; equipe com menos de 3 pessoas não é recomendável.

Os resultados da produção experimental dos painéis A, B, C e D se mostraram viáveis, atendendo às expectativas de exequibilidade de sua confecção e a todos os critérios iniciais. A eficiência da MPP ficou comprovada na análise dos critérios verificados. Alguns ajustes e melhorias na MPP puderam ser aplicados no local de produção do assentamento.

Mesmo tendo sido realizada numa etapa experimental, já se vislumbravam como boas as possibilidades de prefabricação de painéis com tábuas de *Pinus spp*, ripas de *Eucalyptus* e lâminas de *Pinus*, melhorando a qualidade e o desempenho do sistema de cobertura da casa do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

5.3.3. Projeto do protótipo da cobertura

A inovação do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados antecipava várias questões sobre a etapa de montagem em canteiro de obra que necessitavam ser verificadas antes da obra em si. A alternativa encontrada para responder a essas questões foi, em primeiro lugar, desenvolver um projeto para a construção de um protótipo da cobertura e, em segundo lugar, construir o protótipo numa provável repetição das etapas da montagem da cobertura no canteiro de obras.

O projeto de experimentação do sistema de cobertura foi desenvolvido atendendo às seguintes condições:

- Escolher materiais de baixo custo prevendo a exigüidade de recursos, inclusive para mão de obra;
- Facilidade de execução, devido aos curtos prazos para a construção da casa;
- Repetir, no projeto experimental, as características do projeto do sistema de cobertura das casas que interfeririam nos resultados baseados nos critérios que seriam verificados:
 - A inclinação de projeto da cobertura;

- As medidas do plano inclinado;
 - A estrutura de apoio (viga e terças); e
 - O uso dos Painéis pré-fabricados e das telhas cerâmicas.
- Retirar do projeto do sistema de cobertura das casas e aplicar no projeto experimental aquelas características que não interfeririam nos resultados baseados nos critérios que seriam verificados:
 - O uso de apenas uma água (telhado de meia água);
 - O uso da alvenaria como estrutura de sustentação da cobertura;
 - A altura das paredes do piso até respaldo da cobertura; e
 - As vedações das paredes ou entre os pilares da estrutura.

O projeto de experimentação do sistema de cobertura ficou com as seguintes características, que podem ser verificadas nos estudos (desenhos) da **figura 83**:

Figura 83 – Estudos para o projeto de experimentação do sistema de cobertura. Fonte: desenhos do autor

- Sistema estrutural com pilares roliços de baixa altura, simulando as medidas do projeto de arquitetura e garantindo o assentamento da mesma estrutura de apoio do projeto da cobertura das casas – 1 viga da cozinha, 1 terça de cumeeira, 1 terça intermediária e 1 terça de frechal;

- Plano inclinado com a mesma declividade do projeto das casas e com os mesmos espaçamentos entre as terças, de maneira a apoiar os Painéis pré-fabricados A, B, C e D;
- 8 peças roliças em eucalipto tratado em autoclave com diâmetro +/- 15 cm;
- 1 peça de madeira serrada de *Pinus spp* de 7,5 x 25 cm com 4 m de comprimento;
- 3 peças de madeira serrada de *Pinus spp* de 5 x 15 cm com 3 m de comprimento;
- 6 peças de madeira serrada de *Pinus spp* de 5 x 15 cm com 4 m de comprimento;
- 50 ml de tábuas de *Pinus spp* de 2,5 x 10 cm para contraventamento e berço das terças; e
- Meios de ligação: pregos de aço e parafusos com rosca soberba.

Os resultados com o desenvolvimento do protótipo permitiram estabelecer uma aproximação entre projeto e sua exequibilidade em canteiro de obras. O desenvolvimento do protótipo em uma água replicou uma situação real de obra, suficiente para o experimentação, com uso de materiais mais simples para a estrutura de sustentação (pilares roliços) e, ainda, permitiu sua execução na universidade a um baixo custo, em apenas dois dias.

5.3.4. Experimentação - montagem da cobertura experimental

Dando continuidade à etapa de experimentação do sistema de cobertura, foi construído um protótipo no campus 1 da EESC, junto ao Laboratório de Construção Civil do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, atendendo às seguintes condições:

- Área de experimentação próxima dos pesquisadores - no campus da EESC;
- Simular as mesmas situações do projeto de cobertura proposto para as famílias;
- Contar com a participação das famílias no processo de montagem; e
- Aplicar as mesmas características do projeto da cobertura.

A montagem da cobertura experimental foi realizada em duas fases distintas.

A primeira fase da montagem executou o 'sistema de apoio' da cobertura experimental. Contou com a participação de estudantes da EESC e UFSCar e pesquisadores do grupo Habis. Foram necessários 2 dias nas seguintes operações:

1. locação e marcação do gabarito;
2. locação, escavação e fixação dos pilares da fundação;
3. recortes, assentamento e fixação da viga da cozinha;
4. recortes, assentamento e fixação dos três tipos de terças; e
5. limpeza do canteiro da cobertura experimental.

A primeira fase não teve caráter de verificação, mas de garantir as mesmas condições de sistema de apoio especificado no projeto experimental. A **figura 84** ilustra os momentos dessa fase, que aconteceu em dois dias.

Na segunda fase da montagem da cobertura experimental, foram assentados os Painéis pré-fabricados A, B, C e D, as tabeiras e testeiras e as telhas cerâmicas. Atendendo uma das condições da experimentação, esta fase também foi realizada com a participação de alunos da EESC e UFSCar, de pesquisadores do grupo Habis e de 4 representantes das famílias do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

Figura 84 – Momentos da 1ª fase da montagem da cobertura experimental, o 'sistema de apoio'. Fonte: fotografias do autor

Nesta fase, foram coletados os dados de produção do sistema de cobertura em Painéis na etapa de montagem, ou seja, assentamento dos painéis sobre o "sistema de apoio":

- a) O tempo gasto em cada operação;
- b) O tamanho das equipes nas operações;
- c) As ferramentas, máquinas e equipamentos necessários;
- d) Os graus de dificuldades (facilidades) de cada operação.

Sobre a experimentação, cabe observar que, conforme relatado na primeira fase da montagem da cobertura experimental, o esqueleto estrutural (ou sistema de apoio) do plano inclinado foi montado próximo ao chão: dessa maneira, algumas variáveis da verificação sofreram interferências nos seus resultados. Por exemplo, não foi necessário escada para alcançar a cobertura, ou, ainda, os esforços para elevar os painéis para a cobertura foram bem menores que na situação real. Essas interferências serão consideradas na análise das verificações.

As operações da segunda fase de montagem da cobertura experimental foram as seguintes:

1. Deslocamento dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D para a cobertura;
2. Assentamento dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D;

3. Fixação da tabeira e testeira; e
4. Assentamento dos revestimentos cerâmicos da cobertura – as telhas.

A seguir estão descritos os dados coletados em cada operação, de acordo com a ordem apresentada:

Operação 1 – deslocamento dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D para a cobertura. (**figura 85**)

- a) Tempo gasto: considerando-se que os painéis estavam em local próximo à cobertura (esqueleto estrutural), refletindo uma situação real de canteiro, foram necessários 5 minutos, independentemente de seu tamanho para o deslocamento do painel. A cobertura do protótipo com 1 água tem 6 Painéis pré-fabricados. Portanto, a operação foi finalizada em 30 minutos. O fato de o protótipo do esqueleto estrutural estar próximo ao chão interfere na validade dessa medição;
- b) Tamanho da equipe: o painel C (2,80 x 3,60 m) com seus 100 kg, aproximadamente, demanda uma equipe de quatro pessoas; mais pela sua dimensão que pelo peso. Os demais painéis são mais leves. Serve o parâmetro de 4 pessoas/painel;
- c) Ferramentas, máquinas e equipamentos necessários: não foram empregados nenhuma ferramenta, máquina ou equipamento nessa operação. O fato de o protótipo estar próximo ao chão influenciou, mais uma vez, pois, na situação real, seriam necessárias escadas; e
- d) Grau de dificuldade: o peso distribuído para cada pessoa do maior painel (25 kg) é relativamente baixo. O espaço de trabalho em canteiro de obras é relativamente amplo, não oferecendo dificuldades para o manuseio do painel. A forma planificada do painel facilita seu carregamento. As movimentações internas ocorridas nele durante o deslocamento não alteram seu dimensionamento e nem o deformaram. Pode-se dizer que o painel tem flexibilidade.

Figura 85 – Momentos da operação 1: “deslocamento dos painéis para a cobertura”. Fonte: fotos do autor

Operação 2 - assentamento dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D. (**figura 86**)

- a) Tempo gasto: no assentamento dos 6 Painéis pré-fabricados sobre o plano inclinado do protótipo, foram gastos 40 minutos. A operação inclui o alinhamento dos 3 painéis superiores

(2A e 1B) junto à cumeeira; a fixação dos painéis superiores com pregos 12x12 (p/ os forros) e 19x36 (p/ os caibros); e o alinhamento dos 3 inferiores (2C e 1D) com os 3 superiores, e sua fixação com os mesmos tamanhos de pregos especificados acima;

Figura 86 – Momentos da operação 2: “assentamento dos Painéis pré-fabricados”. Fonte: fotos do autor

- b) Tamanho da equipe: de um modo geral, uma equipe de 4 pessoas demonstrou ser o tamanho adequado para o assentamento dos 6 Painéis pré-fabricados (2A, 1B, 2C e 1D). Apesar de, na atividade de extensão, haver um número maior de pessoas;
- c) Ferramentas, máquinas e equipamentos necessários: o martelo é a ferramenta mais utilizada. Uma ferramenta para cada pessoa. O serrote também se torna necessário para pequenos ajustes como o recorte do excesso das ripas que avançam além dos caibros. Não foi empregada nenhuma máquina no assentamento dos painéis A, B, C e D. Embora não tenha sido utilizada a escada, ela será bastante útil no canteiro de obras; e
- d) Grau de dificuldade: a estrutura de apoio da cobertura (as terças com os berços) e as paredes dos oitões, do frechal e da cumeeira são os únicos apoios para a equipe que trabalha no assentamento dos painéis. No caso do protótipo, essa dificuldade não acontece, pela sua altura em relação ao chão. Outras dificuldades encontradas foram: deslizar o painel até a sua posição final; alinhar os painéis superiores pela linha da cumeeira; dividir o apoio de 10 cm do berço da terça intermediária entre as extremidades inferiores dos painéis superiores A e B, e as extremidades superiores dos inferiores C e D. Essa divisão de apoio do berço da terça pressupunha o correto assentamento da terça intermediária (1,90 m paralela à terça da cumeeira - medidas de eixo a eixo). Os componentes em madeira de *Pinus spp* são frágeis, mas relativamente resistentes a pequenos impactos. De qualquer maneira, deve-se ter maior

atenção com a superfície do forro, pois esta ficará apaproxímo. Todas essas dificuldades foram resolvidas com certa facilidade.

Operação 3 – fixação das tabeiras e testeiras. (figura 87)

- a) Tempo gasto: das operações de montagem da cobertura, foi a mais rápida. Na foram gastos mais do que 30 minutos. O fato de a cobertura estar próxima ao chão desqualificou esta informação como resultado confiável;

Figura 87 - Momentos da operação 3: “fixação da tabeira e testeira”. Fonte: fotos do autor

- b) Tamanho da equipe: 2 pessoas podem realizar tal operação sem maiores problemas;
- c) Ferramentas, máquinas e equipamentos necessários: o serrote, pela sua simplicidade e pelo fato de a madeira ser macia. Pode-se utilizar uma serra circular. O martelo é usado para pregar as tabeiras e testeiras. E uma escada (não no caso do protótipo) será bastante empregada; e
- d) Grau de dificuldade: no caso do protótipo, essa operação não apresentou nenhuma dificuldade, ao contrário do que provavelmente acontecerá no canteiro de obras. Na colocação das tabeiras de cumeeira, é preciso estar atento com os ângulos de encontro.

Operação 4 – assentamento dos revestimentos cerâmicos. (figura 88)

- a) Tempo gasto: é a operação que leva mais tempo para ser cumprida. A equipe que participou da atividade de extensão, estudantes e membros representantes das famílias do Sepé Tiaraju consumiram 2 horas e 30 minutos para o assentamento de todos os revestimentos cerâmicos. A cobertura do protótipo não foi emboçada;

- b) Tamanho da equipe: várias pessoas estavam no canteiro do protótipo, porém, no assentamento dos revestimentos cerâmicos propriamente ditos, pode-se dizer que eram aproximadamente umas 6. Trabalhando ao mesmo tempo, eram em média 4 pessoas;
- c) Ferramentas, máquinas e equipamentos necessários: não foram empregados nenhuma ferramenta, máquina ou equipamento para o assentamento dos revestimentos cerâmicos do protótipo. Porém, como em outros casos acima, para o canteiro de obras será preciso equipamentos como andaimes e escadas; e

Figura 88 – Momentos da operação 4: “assentamento dos revestimentos cerâmicos”. Fonte: fotos do autor

- d) Grau de dificuldade: a maior dificuldade no assentamento dos revestimentos cerâmicos está relacionada com o peso da telha e seu deslocamento até o plano inclinado da cobertura. Não foi o caso do protótipo. Questões técnicas do assentamento de telhas, que não foram problemas: (começar pelo lado correto – canto inferior direito; assentar as telhas apoiando seu calço inferior na ripa [depende de o espaçamento entre ripas estar na galga da telha]; retidão no assentamento das ‘fiadas’ [horizontal]; e retidão no assentamento das ‘linhas’ [vertical]). As telhas empregadas tanto no protótipo, como nas casas do Sepé Tiaraju, foram as cerâmicas do tipo “romana” (mesmo fornecedor). Ela tem encaixe preciso, tanto no sentido das fiadas como nas linhas, além de um calço na parte inferior para apoiar na ripa. As pessoas que participaram da atividade nunca assentaram telhas cerâmicas; no entanto, pode-se dizer que o protótipo da cobertura ficou com as telhas bem assentadas.

A atividade de extensão da montagem da cobertura experimental aconteceu no dia 15/09/2007 no campus da EESC/USP, ao lado do Laboratório de Construção Civil do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Teve início próximo das 9h da manhã e encerrou-se perto das 12h. Na volta do almoço, toda a equipe se reuniu sob a cobertura experimental finalizada para um momento de reflexão sobre a atividade realizada pela manhã. Os membros das famílias,

representantes das brigadas do Sepé Tiaraju reafirmaram suas colocações durante a montagem, bem como os estudantes e pesquisadores do grupo Habis. O **quadro 18** apresenta os resultados desse encontro.

Quadro 18 – Observações pós construção da cobertura experimental no campus da EESC. Fonte: dados do autor

Assuntos	Questões	Encaminhamentos
Produção dos painéis	Como eram produzidos os painéis A, B, C e D?	Foi apresentada a MPP, que estava em sala do Laboratório de Modelos e Maquete e explicado o seu funcionamento. Foi proposto transportar a MPP para o local de produção do Sepé Tiaraju para o início das capacitações sobre produção de painéis.
Transporte / deslocamento dos painéis	Como seria o transporte dos Painéis pré-fabricados do local de produção para o canteiro de obras?	Por se tratar de painéis de baixo peso - os 12 painéis de cada casa pesam ~ 1.000 kg -, podem ser transportados por carreta puxada por trator, ou mesmo um pequeno caminhão. As próprias famílias se encarregariam de procurar o meio de transporte.
Içamento para a cobertura	Como seriam içadas para a cobertura?	Os próprios membros presentes não se preocuparam com esta questão, pois estão acostumados com serviços bem mais pesados. 3 ou 4 pessoas carregam os painéis para próximo da casa, e depois, 2 ficam em cima e 2 embaixo fazem a transposição.
Instalações	Como seria a instalação elétrica?	Eis uma falha da montagem da cobertura experimental: não fazer oficina sobre a passagem de conduítes durante a montagem dos painéis A, B, C e D. Foi explicado que os conduítes passam por entre os caibros. Mas, como eles não viram, ficaram com muitas dúvidas. Foi combinado de realizar oficina antes da montagem dos painéis.
Tratamento e durabilidade	Qual a durabilidade das madeiras? Que tipo de tratamento elas receberam?	Todas as madeiras com participação estrutural do sistema de cobertura (caibros, berços, terças e a viga da cozinha) eram tratadas em autoclave com CCA, garantia de 25 anos contra ataque de cupins e fungos.
Tempo de produção dos painéis e tempo de montagem da cobertura	Quanto tempo seria necessário p/ produzir os painéis de uma casa?	A experiência de produção de painéis realizadas no laboratório demonstrou possibilidades de ser rápida a produção no Sepé. A expectativa do pesquisador era de 1 brigada de trabalho com 4 pessoas produzir os 48 painéis para 4 casas em uma semana.
	Quanto tempo para montar a cobertura de 1 casa?	A expectativa do pesquisador, considerando a recente experiência com a montagem do protótipo, era de que se levasse apenas 1 dia para assentar os 12 painéis de 1 casa e colocar todas as telhas.
Segurança estrutural	Qual a segurança estrutural dos painéis quanto as cargas e sobrecargas?	Todos os componentes estruturais do sistema de cobertura (ripas, caibros, terças e a viga da cozinha) foram dimensionados em conformidade com a NBR 7190/97, que é a norma brasileira sobre estruturas de madeiras.
Segurança contra incêndio	Qual a segurança do sistema contra incêndios?	Não foi verificada. Providenciar essa verificação.

Durante todo o processo da produção experimental do sistema de cobertura (projeto da MPP, produção dos painéis A, B, C e D, projeto da cobertura experimental e montagem da cobertura experimental) que aconteceu, desde a aquisição das madeiras em maio de 2007 até a desmontagem da cobertura experimental, em maio de 2009, foram observados possíveis problemas quanto ao desempenho tanto do material madeira como do sistema de cobertura como um todo diante da exposição às intempéries por um período de 2 anos. No **quadro 19**, estão listadas essas observações e os seus resultados.

Quadro 19 – Problemas verificados nos principais componentes da cobertura experimental. Fonte: autor

Observações	Resultados do período de exposição – maio de 2007 à maio de 2009
Empenos	O longo tempo de exposição às intempéries provocou o ressecamento de várias peças, principalmente das mais esbeltas, como as tábuas, liberando tensões internas que provocaram alguns empenos. Os principais empenos verificados foram o encanoamento e o encurvamento, porém nenhuma peça deixou de ser empregada na construção do protótipo. Após a montagem do protótipo, não foi observado nenhum empeno que danificasse as peças a ponto de serem substituídas.

Fendilhamento	O longo tempo de exposição às intempéries provocou o ressecamento de várias peças, principalmente das mais esbeltas, como as tábuas, liberando tensões internas que provocaram alguns fendilhamentos. Nenhuma peça deixou de ser empregada no protótipo. Após a montagem do protótipo, esse fendilhamento não continuou nem comprometeu a estrutura da cobertura experimental.
Sobrecarga devido à montagem; sobrecarga devido às chuvas e ventos	Todas as sobrecargas estavam previstas no cálculo dimensional. As flechas verificadas ficaram abaixo da flecha mínima – L/350. A flecha do principal componente estrutural – a viga da cozinha – atingiu ~ 4 mm, bem abaixo da flecha limite de 10 mm. A estrutura não foi superdimensionada. Os dados para a verificação estrutural vieram da própria norma, a NBR 7190/97 e consideraram as espécies corretas.
Vazamentos na cobertura	Durante o período de exposição, a cobertura experimental não apresentou vazamentos. Não foram encontradas telhas trincadas, nem lâminas de forro com sinal de vazamento.
Ataques de cupins e fungos apodrecedores	De todas as madeiras empregadas na cobertura, apenas o forro contava com tratamento à base de “banho com imunização”. Após o período de exposição, não foi encontrado sinal de cupim e fungo em nenhuma das lâminas de forro, nem nas madeiras serradas de <i>Pinus spp.</i>
Observações: as peças de madeira serrada ficaram estocadas em cobertura que as protegia de chuva direta e do contato com a umidade do solo, mas estavam expostas ao sol vespertino e chuvas de ventos.	

A partir dessas observações, alguns indicativos podem ser confirmados quanto ao desempenho das peças de madeira de *Pinus spp* utilizadas para finalidade estrutural em sistemas pré-fabricados de coberturas habitacionais produzidos em contexto específico de pouca infraestrutura de produção, como é o caso deste projeto. Confirmam ainda a importância da participação de representantes das famílias do assentamento. Ela contribuiu para uma avaliação mais real, uma maior compreensão e aceitação do sistema de cobertura que se estava propondo para todas as casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

5.4. Processo de aquisição dos materiais para o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados

Na sequência da cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, será apresentado o que está sendo chamado de parte 3 – aquisição dos materiais.

O processo de aquisição dos materiais do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados estará dividido em 3 etapas: o levantamento de fornecedores; a negociação e compra junto a esses fornecedores; e a organização das famílias para o recebimento dos materiais; e apresentado na **figura 89**.

De início, ressalte-se que as próprias condições de exposição às quais estavam submetidos as famílias e o assentamento ditaram as regras para a realização da aquisição dos materiais. As precariedades dos meios de comunicação (a telefonia fixa inexistente e a móvel é instável) e as dificuldades de acesso das famílias a eles, além da falta de um meio de transporte eficiente, motivaram a assessoria técnica a realizar grande parte dos contatos com os fornecedores sem a participação das famílias.

Figura 89. Fluxograma do processo de aquisição dos materiais para o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados. Fonte: desenhos e fotografias do autor e do grupo Habis

O fluxograma do processo de aquisição dos materiais apresenta, em cada uma de suas etapas, as entradas e saídas. O resultado de cada etapa continua para a próxima e o processo vai se repetindo naturalmente até se chegar ao produto desta parte: os materiais adquiridos. Para o desenvolvimento de cada uma das etapas, foram considerados os aspectos relacionados à sustentabilidade do processo nas suas cinco dimensões, quais sejam: dimensão social, cultural,

ambiental, econômica e política. Esses aspectos passam por todo o processo e aparecem indiretamente nos resultados. A **figura 89** apresenta o fluxograma de todo o cenário da parte 3 da cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados.

5.4.1. Levantamento de fornecedores de materiais para a cobertura

Os materiais utilizados no sistema de cobertura foram as madeiras do plano inclinado (interface) e dos Painéis pré-fabricados, os revestimentos cerâmicos (telhas, cumeeira e paulistinhas), o forro de *Pinus* (componente do painel), os pregos de aço, o conector metálico da viga da cozinha, além da areia e cimento para os chumbamentos e emboçamentos. Porém, para a descrição do processo de aquisição eles foram resumidos a 4 grupos: as madeiras, os revestimentos cerâmicos, o forro e os pregos.

Como dito anteriormente, as dificuldades de comunicação e deslocamento forçaram a assessoria a tomar a frente dos trabalhos, independentemente da participação das famílias, para o contato com fornecedores e levantamentos de preços dos materiais. Estudos realizados na primeira etapa da parte 1 (estudos preliminares do desenvolvimento do projeto do sistema de cobertura) contribuíram para que o levantamento dos fornecedores fosse facilitado. Outro facilitador foi o trabalho realizado nas demais frente de atuação do projeto de construção das casas. A assessoria técnica já havia realizado contato com alguns fornecedores. Tais contatos facilitaram o processo de levantamento e agilizaram a obtenção de informações para esta etapa da cobertura.

As condições para o levantamento de fornecedores dos 4 tipos de materiais priorizaram os fornecedores da região atrelados ao atendimento das especificações dos materiais e de seu custo benefício. Definido este cenário, passou-se à lista dos 3 fornecedores que melhor se posicionassem. As negociações se concentravam com esse pequeno grupo até que fosse escolhido aquele que atendesse aos critérios de seleção com o melhor orçamento. (**quadro 20**)

Quadro 20 – Condições e critérios para a aquisição dos materiais da cobertura do Sepé Tiaraju. Fonte: autor

5.4.2. Negociações e compras dos materiais para a cobertura

Apesar das dificuldades ocasionadas pelas precariedades de comunicação, as famílias estavam conscientes dos trabalhos que estavam sendo realizados pela assessoria técnica. Semanalmente, ou de acordo com o andamento dos contatos com os fornecedores, era realizado um encontro com os seus representantes. Nesse encontro, passavam-se as últimas informações sobre o andamento dos levantamentos dos materiais. Esses representantes tinham o poder de vetar a continuidade dos trabalhos da assessoria, como também o tinham em todas as etapas da aquisição dos materiais. Não se avançava para outras etapas sem o seu parecer favorável. O **quadro 21** apresenta uma síntese dessa etapa da aquisição dos materiais.

Essa dinâmica de relacionamento entre a assessoria e as famílias criou uma situação em que, procurando solucionar a precariedade de comunicação para o levantamento de fornecedores e a aquisição dos materiais, o processo se burocratizou. Em muitas ocasiões, as famílias colocavam em dúvida o trabalho da assessoria, ou a insuficiência das informações que recebiam dos fornecedores. Todo o trabalho deveria ser refeito até que as famílias (seus representantes) estivessem de acordo com o andamento da negociação e com as propostas.

Quadro 21 – Dinâmica da etapa de negociação com fornecedor e famílias. Fonte: do autor

Passadas essas dificuldades de comunicação, as famílias concordavam com os termos das negociações. Passava-se para a fase de fechamento das negociações com os fornecedores para as entregas e pagamento/recebimento dos materiais negociados. As condições colocadas pelo agente financiador para o pagamento do fornecedor eram muito grandes e em alguns casos limitavam o fechamento de acordo.

Não bastava o fornecedor entregar os materiais com nota fiscal no assentamento para receber o pagamento. A assessoria técnica se encarregava de recolher a nota fiscal. De volta à universidade, produzia o relatório com informações das notas fiscais de materiais recebidos. Uma via desse relatório seguia para a superintendência do agente financiador (CAIXA) em Ribeirão Preto. As demais vias do relatório seguiam um caminho mais penoso. O grupo Habis em São Carlos enquanto assessoria técnica assinava o relatório e o reencaminhava aos representantes da comissão de compras no assentamento; recolhia as assinaturas desses e o

enviava para a sede da instituição de apoio ao assentamento (INCRA) em São Paulo, para a chancela do diretor regional. O INCRA enviava o relatório com todas as assinaturas para a agência bancária do órgão financiador em Ribeirão Preto. O gerente da agência da CAIXA confirmava o recebimento do relatório ao seu superintendente, que recebia a autorização para o pagamento dos fornecedores listados no relatório. O pagamento era então realizado por depósito em conta corrente do fornecedor, que deveria ter uma conta na CAIXA. (**quadro 22**)

Quadro 22 – Processo de pagamento ao fornecedor após entrega dos materiais. Fonte: Grupo Habis e autor

Durante a negociação com o fornecedor, ainda era preciso explicitar esse *modus operandi* do processo de pagamento que nem sempre era aceito. Os trâmites internos de cada fornecedor nem sempre permitiam, ou não se aceitava, passar por esse caminho colocado pelo agente financiador. Não havia uma regra para o tempo de recebimento após as entregas. Em alguns casos, o fornecedor recebia dentro do prazo ideal de aproximadamente duas semanas. Em outros, esse prazo podia se estender por meses. Problemas de outra natureza, como ritmo de andamento dos serviços no canteiro de obras, interferiam na autorização do superintendente da CAIXA para o pagamento do fornecedor.

Uma particularidade conseguida com os representantes da comissão de compras e recebimento foi o estabelecimento de um contrato de compra com os fornecedores. Nele ficavam estabelecidas as garantias entre as partes interessadas, o que para as famílias significou um avanço e uma segurança quanto ao que se estava adquirindo. Esse contrato foi assinado com os fornecedores das madeiras e do forro de *Pinus*.

5.4.3. Organização das famílias para a aquisição dos materiais da cobertura

A comissão de compras e recebimento se encarregaria de participar e organizar o processo de recebimento dos materiais. Porém, essa estrutura, como ela havia sido acordada entre assessoria e as famílias, era desfeita nos primeiros recebimentos. Muitos conflitos ocasionavam as quebras dos acordos estabelecidos em reuniões com os representantes das brigadas e das comissões. As comissões foram refeitas em diversas tentativas, junto com a assessoria técnica,

mas as precariedades de comunicação e dificuldades de deslocamento dificultavam o cumprimento desses novos acordos. Assim, essa organização serviu menos para as compras e foi mais efetiva para o recebimento. Como relatado anteriormente, a assessoria se encarregou do contato direto com os fornecedores na maior parte das aquisições e assessorou as famílias com os recebimentos.

A organização das famílias para o recebimento dos materiais aconteceu de maneira diversa. Para cada material aconteceu uma dinâmica diferente, conforme demonstrado nos quadros abaixo. As formas de entrega/recebimento dos materiais eram estabelecidas pelos fornecedores e havia pouco espaço para sua negociação ou alteração. Por exemplo, no caso das telhas, o preço do frete estava embutido em cada peça e, ainda, toda mercadoria era entregue no seu endereço. Enquanto que, no preço das madeiras, não estava embutido o custo do frete, muito menos a descarga das madeiras em cada lote.

O **quadro 23** apresenta as características da entrega das madeiras da cobertura. O principal problema foi a ausência de representantes das famílias na descarga. Apesar do monitoramento da assessoria e das promessas de participação, quando a carga chegava ao local da produção dos painéis, o que se percebia era um descompromisso muito grande entre o que se falava com o assessor técnico e o que se passava na chegada do caminhão. Esse problema ia se agravando à medida que as entregas (5 no total) iam acontecendo. As que participavam das primeiras entregas se sentiam no direito de não participar das demais, principalmente se suas casas já estavam cobertas. As que não haviam participado de nenhuma descarga, apresentavam as mesmas desculpas de não concordarem com as decisões tomadas; outros simplesmente se ausentavam ou não eram encontrados. Em todas as descargas, a assessoria esteve presente e participou como descarregador, além de organizar o pátio das madeiras.

Quadro 23 – Características da entrega das madeiras do sistema de cobertura e organização para o recebimento. Fonte: dados do autor

Características da entrega	Forma de organização e identificação de problemas no recebimento dos materiais		
	Assunto	Problema	Encaminhamento
<ul style="list-style-type: none"> Fornecedor de Ibaté, distante 120 km do Sepé. Entrega em 5 viagens/caminhões, Distribuídas em 5 meses. Cada caminhão carregava aproximadamente 25 m³ de madeira. Gastava-se em média 1 dia inteiro para descarregar um caminhão: ~ 8 pessoas na descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Local da descarga</u>: As famílias deveriam se deslocar para o local de produção. <u>Responsabilidade da descarga</u>: Cada família deveria mandar um representante para ajudar na descarga, ou alternava a presença nas 5 entregas previstas. <u>Coordenação da descarga</u>: a assessoria estaria presente em todas as entregas e comunicaria as famílias sobre a data de entrega 	<ul style="list-style-type: none"> Algumas famílias queriam a entrega das madeiras da cobertura (não as dos painéis) em seu lote. Ausência de muitas famílias. Algumas não compareceram em nenhuma das entregas. Uma boa parte delas não tinha a compreensão de que este trabalho era em benefício da construção de suas casas. O papel de coordenador não era compreendido, se transformando em descarregador; também pela falta de pessoal. 	<ul style="list-style-type: none"> O fornecedor aceitou entregar em apenas um local. A forma de carregar o caminhão não permitia o fracionamento da carga A assessoria telefonava para as famílias que não haviam participado de nenhuma descarga. Estratégia de convencimento da importância da participação de cada um; da divisão igualitária dos trabalhos Arrumar mais pessoas para descarregar; Convencer as famílias que não participaram de outras descargas.

<ul style="list-style-type: none"> • Cada caminhão chegava ao local da produção – as famílias o descarregavam • Frete pago à parte (apesar de embutido na nota fiscal) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Custo do frete das madeiras:</u> O frete das madeiras da cobertura era pago, mesmo que estivesse "embutido" na nota fiscal. Não cobria a descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algumas famílias não concordavam em pagar pelo frete, nem em ajudar na descarga. Diziam ser responsabilidade do fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Já havia sido negociado com fornecedor. Uma renegociação poderia alterar os preços finais.
--	---	---	--

Na negociação que a assessoria realizou com o fornecedor dos revestimentos cerâmicos, os preços já incluíam a entrega e a descarga do material em cada lote. Portanto, a questão da descarga não foi um problema grave. A descarga do revestimento cerâmico teve problemas diferentes dos que sucederam com as madeiras. A princípio houve um descompasso com as datas de entrega. Por exemplo, quando o caminhão chegava ao assentamento sem aviso prévio, havia diversos problemas: não conseguir contatar a assessoria por telefone; entregar em local errado; ficar dando voltas; e atrasar o início da entrega.

Encaminhada essa questão da data de entrega, outros problemas iam aparecendo. Após um período em que as obras pararam, a comissão de recebimento precisou se articular de forma diferente para acertar o recebimento e a distribuição das telhas. O **quadro 24** apresenta estas e outras questões envolvendo a entrega.

Quadro 24 - Características da entrega dos revestimentos cerâmicos e organização para o recebimento.

Fonte: dados do autor

Características da entrega	Forma de organização e identificação de problemas no recebimento dos materiais		
	Assunto	Problema	Encaminhamento
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor: Tambaú, 80 km do Sepé. Cada caminhão com carga para 4 casas. • Gastava-se em média 1 h e 15 minutos para descarregar as telhas em uma casa. • Nas 67 casas foram 17 viagens. • Forma de entrega: o caminhão descarregava em cada lote. • Frete embutido no preço. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Local da descarga:</u> O caminhoneiro recebia mapa do assentamento com endereços 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de errar o endereço e descarregar em outro lote. 	<ul style="list-style-type: none"> • O caminhoneiro recebia um mapa do assentamento. • A comissão de recebimento indicaria ao motorista o endereço
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Responsabilidade da descarga:</u> do fornecedor / entregador 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem sempre as famílias ajudavam. Não era um problema grave. 	<ul style="list-style-type: none"> • O motorista se encarregava da descarga. Se a família pudesse ajudar, melhor seria.
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Data de entrega:</u> o fornecedor informava antecipadamente à assessoria (pelos menos 1 dia) 	<ul style="list-style-type: none"> • O caminhão chegava sem aviso prévio 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromisso com o fornecedor de planejar e informar a assessoria sobre as datas de entrega
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Coordenação da descarga:</u> A comissão de recebimento acolheria o caminhão na chegada ao assentamento e o levaria ao lote. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem sempre o caminhão encontrava o representante da comissão de recebimento para lhe mostrar o endereço correto e vice versa 	<ul style="list-style-type: none"> • A assessoria fez a interface com as duas partes, monitorando a data de saída dos caminhões e confirmando com o membro da comissão de recebimento.
	<ul style="list-style-type: none"> • Perda das notas fiscais 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco iminente de perder as notas fiscais, o que dificultava a execução do relatório para a CAIXA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Membro da comissão de recebimento deveria entregar a NF à um dos 3 membros da comissão de compras
	<ul style="list-style-type: none"> • Interceptação de cargas e desvios para outros endereços: 	<ul style="list-style-type: none"> • Algumas cargas foram interceptadas por outras famílias antes de serem entregues no seu destino. 	<ul style="list-style-type: none"> • A comissão de recebimento deveria estar mais atenta à chegada dos caminhões
	<ul style="list-style-type: none"> • Motorista não encontrava ninguém da comissão de recebimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Poucos pontos de referência no Sepé para entregadores que não conheciam o lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> • A comissão de recebimento deveria estar mais atenta à chegada dos caminhões

Na entrega do forro, as principais questões repetiram um tanto as do recebimento das madeiras: algumas famílias se ausentaram na descarga do caminhão. Porém, como era de complexidade

menor que a das madeiras, houve tendência a resolver-se com maior facilidade. O **quadro 25** retrata que a entrega do forro apresentou-se mais tranquila.

Quadro 25 - Características da entrega do forro e organização para o recebimento. Fonte: dados do autor

Características da entrega	Forma de organização e identificação de problemas no recebimento dos materiais		
	Assunto	Problema	Encaminhamento
<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor: Buri, 430 km do Sepé. • 4 entregas de ~ 2000 m² em cada caminhão. • Tempo de descarga de 1 caminhão: 1 h e 30 minutos. • Forma de entrega: caminhão chegava ao local de produção dos painéis de cobertura • Descarga p/ conta das famílias 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Local da descarga</u>: Famílias deveriam se deslocar para o local de produção dos painéis 	<ul style="list-style-type: none"> • Algumas famílias queriam a entrega em seu lote. 	<ul style="list-style-type: none"> • A madeira do forro tinha de ser descarregada no local de produção dos painéis.
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Responsabilidade da descarga</u>: Cada família deveria mandar um representante para ajudar na descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem todas as famílias mandavam representantes para descarregar o forro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estratégia da divisão igualitária dos trabalhos. Fazer lista com presença e nas próximas entregas pedir participação dos ausentes.
	<ul style="list-style-type: none"> • A assessoria deveria estar presente em todas as entregas 	<ul style="list-style-type: none"> • Das 4 entregas previstas, a assessoria se ausentou em uma delas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Em caso de ausência da assessoria, encaminhar com o Sepé a coordenação do recebimento.

A entrega dos pregos, pela sua natureza e quantidade, não reflete em nada os problemas que aconteceram com as madeiras, os revestimentos cerâmicos e o forro. O tamanho da carga, bem menor que o das demais, possibilitou uma entrega simples em um único endereço, próximo ao local de produção (da escola). Uma família voluntária fez o controle de recebimento do fornecedor e da distribuição para as famílias, de acordo com ficha de controle da quantidade para cada casa, entregue pela assessoria.

Os resultados da etapa de organização das famílias para a aquisição dos materiais demonstraram fragilidades no processo, como apresentado no início, servindo mais para o recebimento e menos para a aquisição. Ainda assim, ficaram expostas várias deficiências no recebimento, explicitando a necessidade de maiores organizações entre os parceiros, principalmente famílias e assessores.

5.5. Processo de produção dos Painéis pré-fabricados na marcenaria

Na sequência da cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, será apresentada a parte 4 – produção dos painéis de cobertura (**figura 90**). Essa parte está dividida em 3 etapas, conforme a seguinte descrição: organização do local de produção; capacitação das brigadas (famílias); e confecção dos painéis. A última etapa, por ser mais complexa, estará dividida em subetapas.

Durante o processo de produção dos Painéis pré-fabricados na ‘escolinha’ do assentamento foram, utilizadas, apenas, as seguintes madeiras: os caibros de *Pinus spp* de 2,5 x 10 cm e comprimento bruto de 2,0 m e 3,0 m; as ripas de *Eucaliptus* de 1,5 x 5 cm e comprimento bruto de 3,0 e 4,0 m; e, o forro de *Pinus spp* com banho fungicida de seção 0,8 x 10 cm e comprimento

bruto de 3,0 m. No local destinado à estocagem das madeiras na marcenaria (escolinha), encontravam-se também as madeiras do plano inclinado (interface com a alvenaria) empregadas na parte 5 - montagem da cobertura das casas.

Figura 90. Fluxograma do processo de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados na marcenaria do Sepé Tiaraju. Fonte: Fotos e dados do autor e grupo Habis

A diferença dessa parte da cadeia de produção da cobertura – produção dos painéis da cobertura – em relação às outras foi a sua independência com o canteiro de obras; a produção dos painéis pré-fabricados não tinha nenhuma interferência na produção das casas no canteiro de obras, e vice-versa; conforme visto no item 2.5 do capítulo 2, uma das características do processo de pré-fabricação.

Entretanto, as precárias condições das instalações do local de produção, chamado pelas famílias do assentamento de “barracão da escolinha”, foram determinantes para definir como seria a produção do sistema de cobertura.

Apesar de o termo pré-fabricação estar, muitas vezes, associado com a aplicação de alta tecnologia em processos de produção, no Assentamento Rural Sepé Tiaraju ele foi aplicado com uma forte conotação social, ou seja, produção independente do canteiro de obras com inovação tecnológica do produto (sistema de cobertura panelizado empregando madeiras de florestas plantadas – *Pinus* e *Eucaliptus*) em processo produtivo seriado (pré-fabricação) para regiões afastadas de centros urbanos onde é grande a precariedade de infraestrutura (predial, instalações e serviços de concessionárias públicas) e com a possibilidade de formação e geração de mão de obra não qualificada em processo participativo.

5.5.1. Organização do local de produção dos painéis

Diferentemente de Pirituba II, no Assentamento Rural Sepé Tiaraju não existiam os “barracões” disponíveis como locais para a produção de partes da casa. Havia uma antiga edificação aproveitada para ser a “escola” provisória, porém abandonada, sem uso constante. O atual prédio da “escolinha” é o que sobrou de um comprido galpão, parte de uma antiga usina de produção de cana¹¹⁹. Caracteriza-se por um espaço coberto de 10 x 10 m com telhas cerâmicas, estruturadas por 3 tesouras de madeira que vencem o vão de 10 m. Com 5 janelas e 2 portas, que ventila e permitem a circulação. Apesar do nome dado pelas famílias “barracão da escolinha”, ele era usado para atividades do coletivo do Sepé Tiaraju. Suas condições de uso estavam bastante precárias.

Após escolha do sistema de cobertura que seria usado nas casas, as famílias definiram também o barracão da escolinha como local para a produção dos painéis da cobertura das casas. Por mais precárias que fossem as condições da edificação, ela atendia às necessidades mínimas e necessárias para a produção do painel pré-fabricado, necessitando, apenas, de algumas

¹¹⁹ Informação dada pelas famílias que participaram da fundação do assentamento

reformas. O telhado apresentava algumas falhas de revestimento; o ripamento estava danificado nas bordas; o oitão, voltado para o pátio, estava completamente vasado, necessitando de uma maior segurança e proteção contra violações e chuva de vento; as janelas precisavam de reforço nas ferragens; não havia instalações elétricas; a porta principal precisava ser alargada para a passagem do maior painel pré-fabricado; e, conseqüentemente, adquirir esta nova porta de duas folhas.

Essas reformas foram feitas com recursos provenientes de doações de materiais e do tempo de trabalho com serviços prestados. Muitos participaram desse processo: famílias, pesquisadores e fornecedores de materiais – parceiros do projeto de construção das casas.

Para o projeto de instalação elétrica do edifício, a assessoria técnica do grupo Habis providenciou o desenho das instalações, o acompanhamento técnico na execução e busca de recursos para a aquisição dos materiais. As famílias do Sepé se organizaram e aprovaram recursos da associação Agrosepé, que estavam disponíveis junto ao INCRA, para a aquisição do padrão de energia trifásica, junto à CPFL. A assessoria técnica fez os contatos na CPFL para a instalação do padrão próximo da marcenaria da escola. Parceiros do projeto de construção das casas doaram todos os materiais necessários para a reforma da marcenaria da escola¹²⁰. Um representante das famílias, com habilidade em serviços elétricos, fez toda a instalação elétrica necessária para o funcionamento das máquinas na escola, inclusive a ligação da fiação do padrão trifásico da CPFL até a escola.

Apesar de demandar uma infraestrutura mais simples e menos onerosa que a marcenaria de Pirituba II de Itapeva, o barracão da escolinha do Sepé Tiaraju, solicitava alguns equipamentos não tão pesados, mas igualmente importantes, para o processo de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, como: uma destopadeira de bancada de 1000 W, uma serra elétrica manual de 500 W e a mesa de produção (MPP). Os dois primeiros foram conseguidos por empréstimos de parceiros do projeto de pesquisa e a MPP foi desenvolvida, construída e testada por pesquisador do grupo Habis e doada para o barracão da 'escolinha' para a produção dos Painéis.

Os membros das brigadas que produziram os painéis seriam os responsáveis pelas máquinas. Assim, ao final de cada dia de trabalho, encarregavam-se de retirar todos os equipamentos e levá-los para suas casas, evitando que fossem violados ou subtraídos. Apenas a MPP ficava na

¹²⁰ Materiais elétricos (disjuntores, fios, tomadas, interruptores, lâmpadas, etc), madeiras e chapas de OSB, cadeado, dobradiças, corrimão de aço, pregos, dentre outros.

escolinha. Era um trabalho árduo, mas não se vislumbrava outra alternativa, dada as condições nas quais se encontrava a edificação da escolinha.

Essa mesma preocupação com a segurança acontecia com as madeiras. Todas as madeiras maciças (caibros, ripas, tabeiras, testeiras, terças, berços e vigas da cozinha) foram estocadas no pátio descoberto e sem portões que se localizava ao lado do local de produção da marcenaria da escolinha. Não havia recursos para cobrir as madeiras, cercar o pátio e colocar um portão. Uma lona foi adquirida logo no início, mas foi rapidamente subtraída.

O tratamento à base de CCA em autoclave, na empresa que forneceu as madeiras, foi crucial para a sua maior resistência ao longo tempo exposto às umidades. Porém, a exposição às intempéries castigou as madeiras ‘de cima’ das pilhas. Apostava-se que o processo de produção mais rápido minimizaria esses danos, não permitindo que as madeiras se deteriorassem. Todas as pilhas eram calçadas para afastar as madeiras da umidade excessiva do solo.

Figura 91 – Estudos realizados para o local de produção dos painéis

As lâminas do forro ficaram estocadas na área coberta no interior da marcenaria da “escola”, devidamente apoiadas em calços e afastadas de risco de umidade.

Vários estudos para uma melhor disposição das madeiras, dos equipamentos e da circulação da produção foram realizados para adequar as condições existentes da edificação. A **figura 91** demonstra um desses estudos com a intenção de deixar as madeiras brutas no lado esquerdo do pátio descoberto, possibilitando uma circulação verticalizada em direção à área coberta para

a produção dos painéis. No desenho 02 da **figura 91**, nota-se a intenção de alocar a estocagem dos painéis prontos à direita do pátio, em área livre, para sua posterior remoção da escola. Esses estudos possibilitaram antever as questões relacionadas com o processo de produção, passando pela estocagem do painel pronto e seu transporte para o canteiro de obras.

Os resultados da organização e preparo do local de produção dos painéis possibilitaram o início da produção para o projeto Sepé Tiaraju e confirmaram a necessidade de avançar na capacitação dos representantes das brigadas para a sua confecção; próxima etapa a ser apresentada.

5.5.2. Capacitação das famílias para a produção dos painéis

A etapa de capacitação das famílias se deu na sequência da organização do local de produção e após a chegada de todos os materiais dos painéis da cobertura. Para a construção das casas, as famílias do Sepé Tiaraju se organizavam em brigadas. No momento em que se deu o início da produção, a organização das famílias do assentamento ainda mantinha a estrutura de brigadas para a produção das casas, no âmbito do projeto Sepé Tiaraju – construção de 77 moradias.

As famílias mais motivadas na capacitação para a produção dos painéis pertenciam às brigadas que estavam com suas casas mais adiantadas (alvenaria levantada). Tinham a preferência de iniciar a produção dos painéis. Conforme o projeto de construção das casas avançava, a estrutura de organização em brigadas se desestruturava. Essas rupturas desmanchavam os acordos firmados entre a assessoria e famílias. A necessidade de estabelecer novos acordos gerava processos desgastantes e, muitas vezes, sem resultado. A fim de dar continuidade à construção de suas casas, muitas famílias buscaram alternativas à combalida organização em brigadas. Era clara a compreensão de que precisavam estar em “grupos” para a produção dos painéis, mas a formação desses grupos dependia do momento e das afinidades que eram construídas (ou desconstruídas) ao longo do tempo.

A primeira capacitação oferecida pela assessoria técnica para a produção de painéis aconteceu com a participação de 5 pessoas, supostos líderes de brigadas. Em cada brigada, havia sempre um ‘líder’ ou ‘mestre’. Este recebia a maior parte da capacitação por ser o responsável natural de organizar a produção dos painéis da sua brigada. O tempo de capacitação do primeiro grupo de líderes não ultrapassou duas horas. Tempo suficiente para ensinar todo o processo de produção e todos os cuidados necessários. Essa etapa permitiu que se capacitassem pessoas do assentamento para o processo da produção e que essas incorporassem não apenas o processo, mas a tecnologia do sistema de cobertura, ou seja, ir além da produção: fazer a montagem dos

painéis pré-fabricados nas coberturas das casas e compreender como eles funcionavam. Apropriar-se de sua tecnologia para possíveis acertos e rearranjos.

Para a capacitação da produção dos painéis, a marcenaria da escola deveria estar 'no ponto' para o início do processo. Além da reforma pronta, deveria estar equipada com a infraestrutura necessária e reformada e com todos os materiais e insumos para a produção dos painéis. No dia da primeira capacitação, a assessoria técnica levou a destopadeira e a serra circular manual. Esses equipamentos ficariam sob a responsabilidade da primeira brigada que produziria seus painéis. Esta decisão foi retirada na sua capacitação.

Durante a capacitação, conforme apresentado na **figura 92**, os representantes 'líderes' de suas brigadas eram orientados a participar ativamente de cada operação repassada. Dessa maneira, não apenas aprendiam como praticavam o que era ensinado e ainda sentiam eles próprios as dificuldades de cada operação. Pela simplicidade dessas operações, foi possível produzir dois tipos diferentes de painéis – painel A e painel C – e as dúvidas deveriam ser esclarecidas nesses momentos. Após a confecção desses dois painéis, os presentes - já se sentindo capacitados – deram a oficina por encerrada e definiram qual brigada iniciaria a produção de seus painéis.

Figura 92 – Momentos da capacitação das brigadas para a produção dos painéis de cobertura. Fonte: autor

Durante a capacitação dos líderes das brigadas, foi possível verificar que o grau de apreensão do processo de produção dos Painéis pré-fabricados na marcenaria da escola foi elevado. As principais evidências foram a rapidez e motivação com que os presentes executavam as operações repassadas pela assessoria, além da boa qualidade do produto executado. Contribuíram para esse resultado positivo, o atendimento às condições necessárias (a presença e domínio da assessoria em todas as etapas), a disponibilidade da infraestrutura, equipamentos,

ferramentas, máquinas, dos materiais e insumos, e a vontade dos presentes em cobrir suas casas.

O grau de dificuldade para se produzir o painel foi reduzido. As evidências foram: a rapidez com a qual os presentes produziram os painéis e a facilidade de operar as ferramentas e os equipamentos - destopadeira, serra circular manual, a MPP e o martelo. A leitura técnica do Painel pré-fabricado foi facilitada pelo desenho em perspectiva que simplificava dos 4 tipos de painéis (foto 6 da **figura 92**).

5.5.3. Confeção dos Painéis pré-fabricados na marcenaria

Os estudos preliminares permitiram a aplicação do lay-out definitivo do local de produção dos painéis, proposta na **figura 93**, com a localização para o depósito das madeiras no pátio externo da escola, na área coberta e a estocagem final dos painéis prontos. Na chegada ao pátio descoberto, deveria haver espaço para a entrada e saída de caminhões com cargas de materiais para serem entregues na marcenaria da escola.

As pilhas de madeiras a serem empregadas na produção dos painéis deveriam estar alinhadas de maneira a não impedir a circulação entre elas e permitir a passagem para a área coberta. Oposta às pilhas de madeiras deveria localizar a área para estocagem dos Painéis pré-fabricados prontos para serem entregues no canteiro de obras.

A área coberta acolheria o local de produção dos painéis. Por ser coberta e contar com um mínimo de segurança, guardaria a pilha das madeiras do forro e os equipamentos necessários para a produção. Os equipamentos eram a MPP, a destopadeira de bancada e a serra circular manual. Dentro da área coberta da escola deveria ser reservado um espaço igual ao tamanho da MPP para a operação de ripamento do painel. Como não havia outra mesa, esta operação foi realizada no chão.

A **figura 93** indica as 9 operações da produção do painel na marcenaria da escolinha do Sepé Tiaraju: 1º operação - seleção das tábuas (caibros) de 2,5 x 10 cm de *Pinus spp* de acordo com o tipo de painel a ser produzido (2,0 ou 3,0 m); 2º operação - destopo dos caibros na destopadeira (1,90 ou 2,80 m); 3º operação - posicionamento dos caibros na MPP; 4º operação - fixação das lâminas do forro de *Pinus*; 5º operação - recorte dos excessos das lâminas de forro com a serra circular manual; 6º operação - deslocamento do painel (com caibros e forro) da MPP para o local de ripamento; 7º operação - fixação das ripas de 1,5 x 5,0 cm de *Eucalyptus spp* no painel, conforme a “galga”; 8º operação - recorte dos excessos de ripa com a serra circular

manual – painel pronto; 9ª operação - deslocamento dos Painéis pré-fabricados para o local de estocagem.

Figura 93. Operações da produção dos painéis e lay-out da marcenaria do Sepé Tiaraju. Fonte: fotos e dados do autor e do Grupo Habis

O peso relativo serve como indicador da carga de cobertura para o cálculo e dimensionamento estrutural. A sobrecarga de telhas cerâmicas é maior que o peso das madeiras. Tomando como exemplo o painel A, com superfície de $6,84 \text{ m}^2$, o consumo de telhas romanas para cada m^2 é de 16 unidades. Seguindo informações do fornecedor, cada peça de telha pesa aproximadamente 3 kg. Assim, o peso total de telhas cerâmicas sobre o painel A é 328,32 kg; o peso de madeira (71,67 kg), é 4,5 vezes menor que o das telhas. Fazendo outras relações, chega-se ao peso total de 978,4 kg das madeiras dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D distribuídos em $93,06 \text{ m}^2$, ou,

10,51 kg/m²; contra 48 kg/m² das telhas romanas – ou seja 4.466,88 kg distribuídos na mesma superfície.

Após a capacitação das brigadas, onde 5 líderes, ou membros de 5 diferentes brigadas, foram capacitados, passou-se à produção efetiva dos 4 tipos de painéis do sistema de cobertura. Nesse momento o projeto de construção das casas do Sepé Tiaraju se encontrava com situações bastante distintas. Certo número de famílias, representadas por suas brigadas, estava com suas casas a ponto de receberem as coberturas. Naturalmente, e sem a oposição do restante do assentamento, essas famílias se colocaram à frente na 'fila' para a produção dos painéis na marcenaria da escola. 4 brigadas alistaram-se para a produção, representando 21 famílias¹²¹, ou, 21 casas a serem cobertas.

Quadro 26 - Características dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D.

Fonte: autor

Painel	Componente	Qtde pçs	Comprim. m	Espess. cm	Larg. cm	Dens. Ap. kg/m ³ (1)	Peso comp. kg	Peso Painel kg	Superfície m ²	Peso relativo kg/m ²
A 1,90 x 3,60	caibro (2)	9	1,90	2,5	10	645	27,57	71,67	6,84	10,48
	ripa (3)	6	3,60	1,5	5	731	11,84			
	forro (4)	20	3,60	0,8	10	560	32,26			
B 1,90 x 2,70	caibro	7	1,90	2,5	10	645	21,45	54,52	5,13	10,63
	ripa	6	2,70	1,5	5	731	8,88			
	forro	20	2,70	0,8	10	560	24,19			
C 2,80 x 3,60	caibro	9	2,80	2,5	10	645	40,64	105,53	10,08	10,47
	ripa	10	3,60	1,5	5	731	19,74			
	forro	28	3,60	0,8	10	560	45,16			
D 2,80 x 2,70	caibro	7	2,80	2,5	10	645	31,61	80,28	7,56	10,62
	ripa	10	2,70	1,5	5	731	14,80			
	forro	28	2,70	0,8	10	560	33,87			

Observações:

1. densidade aparente é a massa específica aparente à 12% de umidade. Fonte NBr 7190/97

2. caibro de *Pinus taeda* c/ CCA com densidade aparente de 645 kg/m³. Fonte NBr 7190/97

3. ripa de *E. saligna* com densidade aparente de 731 kg/m³. Fonte NBr 7190/97

4. forro de *Pinus elliottii* com densidade aparente de 560 kg/m³. Fonte NBr 7190/97

Por ser quantidade irrisória, desconsidera-se o peso dos pregos

Os dados apresentados no **quadro 26** confirmam as dificuldades contornadas para viabilizar a produção dos painéis. Os outros resultados coletados da produção, com os indicadores de quantitativos de madeiras e demais materiais, quantidade de pessoas e grau de dificuldade do processo de confecção dos Painéis pré-fabricados serão apresentadas no capítulo 6.

¹²¹ 1ª - brigada do Adilson: 4 famílias, 2ª – brigada do Oro: 4 famílias, 3ª – brigada do Dirceu: 4 famílias e 4ª – brigada do alternativo: 9 famílias. Totalizando as 21 casas, ou 252 Painéis pré-fabricados.

5.6. Processo de montagem do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no canteiro de obras

Figura 94. Fluxograma do processo de montagem do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no canteiro de obras.

Fonte: Fotos e dados do autor e do Grupo Habis

A cadeia de produção do sistema de cobertura, apresentada no início desse capítulo, tem, na sua 5ª parte, a montagem do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no canteiro de obras.

Essa parte está dividida em 5 etapas, conforme a seguinte ordem: 1ª etapa - preparo das interfaces entre alvenaria e plano inclinado da cobertura; 2ª etapa - assentamento dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D; 3ª etapa - assentamento das tabeiras e testeiras e a instalação dos conduítes elétricos; 4ª etapa - assentamento dos revestimentos cerâmicos; e, 5ª etapa - emboçamentos das bordas e da cumeeira. Conforme apresentado na **figura 94**.

Os componentes de madeira da cobertura das casas do Sepé Tiaraju (Painéis pré-fabricados, componentes da interface e componentes de acabamento – as tabeiras e testeiras) estavam todos armazenados na marcenaria da escolinha. Cada brigada se responsabilizava por providenciar o transporte dos painéis prontos, dos componentes de madeira da interface (viga da cozinha, terças e berços) e dos componentes de madeira de acabamento (tabeiras e testeiras) da marcenaria da escolinha para as suas casas.

Para o transporte desses componentes da marcenaria da escolinha até as casas, foram utilizados tanto um caminhão '3/4', quanto um trator rebocando carreta. Ambos, pertencentes às famílias. Como a marcenaria da escolinha é relativamente perto das casas, em poucos minutos se fazia o deslocamento de todos os Painéis pré-fabricados e demais componentes para as casas de uma brigada – usando-se os meios motorizados. Uma viagem, tanto de caminhão como de carreta, foi suficiente para o traslado dos 12 painéis de cada casa.

A estocagem dos Painéis pré-fabricados no lote deveria afastá-los da umidade do solo e protegê-los das intempéries (sol, ventos e chuva, principalmente). Afastá-los da umidade foi tarefa fácil, mas protegê-los das intempéries foi um desafio não alcançado por todos. A orientação para a proteção era cobrir a parte superior da pilha de Painéis pré-fabricados, mas deixar as suas laterais abertas para a ventilação. As madeiras ainda retinham um tanto de umidade (principalmente o Forro de *Pinus spp*) e precisavam de ventilação para dissipar a evaporação.

Os demais materiais usados na cobertura eram os revestimentos cerâmicos (telhas romanas, paulistinhas e cumeeira), os pregos, o cimento e areia da argamassa de chumbamento das madeiras da interface e do emboçamento. Também foi necessário providenciar os conduítes corrugados para a instalação elétrica básica situada na cobertura.

As brigadas foram capacitadas para a montagem dos Painéis nas casas com a mesma técnica com que o foram para a confecção dos painéis. A técnica de capacitação consistia em reunir os

líderes das brigadas em uma casa específica, escolhida em sorteio. Essa casa era beneficiada com a demonstração da capacitação, porém nem todas as etapas eram executadas até o seu final. O intuito da capacitação não era de 'fazer tudo', mas as principais partes que demonstrassem aquela etapa da montagem. As partes incompletas eram finalizadas posteriormente pela brigada responsável. O líder da brigada que estava sendo capacitado assumia a responsabilidade do repasse da capacitação apreendida para os demais membros de sua brigada.

Como aconteceu com a confecção dos painéis, a montagem da cobertura dispensava mão de obra qualificada. As próprias famílias do assentamento se envolveram com o processo e foram se qualificando. Algumas, mais habilidosas, assumiam o comando da brigada, as demais participavam como ajudantes.

As brigadas formadas para a construção das casas, no início da confecção dos painéis, foram se desestruturando ao longo da montagem da cobertura, embora muitas delas ainda trabalhassem no regime de mutirão. Essa forma de organização foi bastante desarticulada, principalmente nas etapas de obra que sucederam a montagem da cobertura. Por motivos técnicos (financeiros, burocráticos, dentre outros) e alheios à vontade da assessoria técnica, o Projeto Sepé Tiaraju (construção de 77 casas) foi interrompido diversas vezes e, quando das retomadas, muitas brigadas reiniciavam com uma nova composição.

De certo modo, pode-se dizer que as brigadas assumiram um caráter mais "flexível", ou seja, continuaram a existir, até mesmo no formato de mutirão, porém, a sua composição não estava mais amarrada aos grupos formados no início da construção das casas. Sua formação estava mais vinculada às afinidades interpessoais e interesses momentâneos. Desfaziam-se a qualquer momento, porém, mantinham os compromissos assumidos no início do serviço. Entretanto, não estavam presas à continuidade em outras etapas.

Assim, elas continuaram a existir para a montagem da cobertura das casas. Uma brigada se organizava para a montagem da cobertura da casa de um de seus membros e, assim, continuavam até que todos os membros fossem atendidos.

Outra forma de organização para a montagem da cobertura foi observada, como a contratação direta de um membro do assentamento. Esse morador do assentamento, autocapacitado durante a montagem da cobertura de sua casa, formava uma equipe e contava ainda com a ajuda de membros da família solicitante. Dessa forma, essa equipe assumia a empreitada de montagem do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados para as famílias que tinham problemas em

formar brigada, de participar em mutirões, e/ou que tinham capacidade financeira para a contratação direta.

Figura 95. Operações de montagem do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados no canteiro de obras do Sepé Tiaraju. Fonte: fotos e dados do autor e do grupo Habis

Muito antes do início da montagem da cobertura, a assessoria técnica fazia o acompanhamento da execução da alvenaria estrutural – etapa anterior à montagem da cobertura. Nesse acompanhamento vários serviços eram executados tendo em vista a montagem da cobertura.

Foram eles: a instalação do conector metálico sobre a cinta de amarração, localizada acima da janela da cozinha, para o recebimento da viga da cozinha; todas as instalações elétricas, como passagem dos conduítes pelas paredes e caixas de passagem no alto das paredes em continuação com a cobertura; o assentamento dos blocos canaletas para recebimento das terças de frechal, intermediária e da cumeeira e o respaldo do oitão para acabamento entre forro e parede. A **figura 95** apresenta as 10 operações de montagem da cobertura, englobando as 5 etapas descritas acima, e demonstra o passo a passo da cobertura das casas do Sepé.

O sistema de cobertura Painéis pré-fabricados diferenciou bastante do sistema de cobertura VLP aplicado no Assentamento Rural Pirituba II, pois permitia uma maior independência e tolerância de “erros” da alvenaria com a cobertura. Ou seja, por mais que alguns erros fossem cometidos no assentamento dos blocos (como no caso de Pirituba), eles não necessitavam de correções drásticas antes do assentamento dos Painéis pré-fabricados.

Das brigadas que foram observadas, algumas iniciaram e terminaram de forma organizada; outras iniciaram organizadas e terminaram desestruturadas e independentes. A **figura 95** apresenta as operações de montagem da cobertura na sequência em que foram realizadas no canteiro de obras. Durante o período de observação e coleta de dados, a obra foi interrompida e retomada em outras ocasiões (conforme já relatado). Dessa forma, as verificações se concentraram naquelas brigadas que não se desfizeram. Em resumo, a forma de organização das famílias para a montagem da cobertura não interferiu na coleta de dados.

A montagem da cobertura foi acompanhada nas casas das Brigadas do Adilson, do Oro e do Dirceu, compostas pelas seguintes famílias: brigada do Adilson - Luci, Arlindo Copeschi, Altino e Adilson; brigada do Oro - Orozentino, Arlindo Teodoro, Mônica e Falcão (Maria Felicidade); brigada do Dirceu - Zé Pedro, Dirceu, Antônio Constantino e Maria do Livramento (Firmino). A brigada do Alternativo, embora tenha produzido os painéis nessa mesma época, não estava com a casa pronta a ponto de montar suas coberturas. Assim, não foram acompanhados nesse momento. Portanto, foi acompanhada a montagem da cobertura de 12 casas.

5.6.1. Etapa de preparo das interfaces

Esta etapa se refere às preparações nas extremidades superiores da alvenaria para receber os componentes de madeiras do plano inclinado – resumidamente chamado de preparo das interfaces. Os componentes de madeiras do plano inclinado da cobertura são do gênero *Pinus spp* tratados em autoclave e denominados da seguinte maneira:

Viga da cozinha: seção 7,5 x 25 cm, comprimento bruto 4,0 m;

Terça da cumeeira: seção 5,0 x 15 cm, comprimento bruto 2,0 m;

Terça do frechal: seção 5,0 x 15 cm, comprimento bruto 2,0 m;

Terça intermediária: seção 5,0 x 15 cm, comprimento bruto de 3,0 e 4,0 m; e,

Berço: seção 2,5 x 10 cm, comprimento bruto de 3,0 e 4,0 m.

As ferramentas, equipamentos e máquinas necessários para o preparo das interfaces foram: martelo, serrote, talhadeira, colher de pedreiro, enxada, serra circular manual, andaimes, escadas e linhas de náilon. As operações de preparo da interface estão representadas na **figura 95** pelas operações 1 a 4. A etapa de montagem do sistema de cobertura no canteiro de obras envolve as seguintes operações:

Operação 1: Assentar as terças do frechal e da cumeeira;

Operação 2: Fixar os berços de 2,5 x 10 cm sobre as linhas da cumeeira e dos frechais;

Operação 3: Entalhar na alvenaria dos oitões a passagem da terça intermediária de 5 x 15 cm;

Operação 4: Assentar a viga da cozinha de 7,5 x 25 cm;

Operação 5: Assentar as terças intermediárias de 5,0 x 15 cm;

Operação 6: Fixar os berços de 2,5 x 10 cm sobre as terças intermediárias; e

Operação 7: Regularizar as bordas inclinadas dos oitões.

Ao final do 'preparo das interfaces', o plano inclinado deverá estar com a estrutura de apoio pronta para receber os Painéis pré-fabricados. O plano inclinado deverá configurar um polígono retangular definido pelas extremidades das terças do frechal e da cumeeira, assim sendo, todos os ângulos interno deverão ser retos, ou 'esquadrejados'.

Os poucos resíduos dessa etapa são os destopos realizados nas madeiras da interface; sendo madeira de *Pinus* não há perda do tratamento. É importante fazer a separação dos restos de madeira, pois se trata de resíduo tóxico, denominado 'passivo ambiental'.

Os resultados das verificações realizadas na etapa das interfaces durante o processo de montagem da cobertura com os Painéis pré-fabricados, e de acordo com as hipóteses listadas no capítulo 3 (quantitativo de materiais, mão de obra, qualidade do produto e infraestrutura), serão apresentados no capítulo 6.

5.6.2. Etapa de assentamento dos painéis

Compreende a colocação final dos Painéis pré-fabricados A, B, C e D em suas posições definitivas. Ao final da etapa anterior 'preparo das interfaces', o plano inclinado está pronto para receber os painéis. Todo o processo de deslocamento dos Painéis pré-fabricados, desde o seu local de estoque até a posição final na cobertura da casa, é realizado manualmente, ou seja, os

próprios membros da brigada erguem os painéis desde o nível térreo até o plano inclinado. O **quadro 26** do item 5.5.3 apresenta as principais características dos painéis:

Painel A = 1,90 x 3,60 m, peso = 71,67 kg, quantidade = 4 painéis;

Painel B = 1,90 X 2,70 m, peso = 54,52 kg, quantidade = 2 painéis;

Painel C = 2,80 x 3,60 m, peso = 105,53 kg, quantidade = 4 painéis; e

Painel D = 2,80 x 2,70 m, peso = 80,28 kg, quantidade = 2 painéis.

Medidas de comprimento e largura e peso das madeiras com densidade apapróximo (12% umidade), em conformidade com a NBR 7190. (ABNT,1997)

As ferramentas empregadas no assentamento dos Painéis pré-fabricados são martelo e serrote. O equipamento mais solicitado é a escada. Embora não utilizada, recomenda-se deixar uma serra circular manual de prontidão, para fazer algum recorte ou ajuste em peças maiores; caso contrário, deverá ser realizado com o serrote.

Os materiais empregados nesta etapa são os pregos. O prego 19x36 faz a fixação dos caibros dos painéis sobre os berços das terças. Pela posição em que se encontra, ele entrará na diagonal (prego de 'viagem') e pelo comprimento deverá passar a espessura do berço. Todos os encontros de caibros com os berços (apoio dos painéis) recebem o prego 19x36. O outro prego é o 13x15 anelado (mesmo prego usado para fixar o forro nos caibros). Ele é usado para fixar o painel no contato do forro com os berços. No espaço entre os caibros, são fixados 2 pregos 13x15 anelado.

Os únicos resíduos dessa etapa são os pregos que caem ou que entortam. Não há resíduo de recorte de madeira, pois os Painéis pré-fabricados estão prontos para serem assentados.

O assentamento dos painéis no plano inclinado de 1 água (meia água) está representado na **figura 95** pelas operações 5, 6 e 7. Enquanto etapa de montagem da cobertura no canteiro de obras tem as seguintes operações:

Operação 1 - assentar o painel pré-fabricado B (painel superior central);

Operação 2 - assentar os 2 Painéis pré-fabricados A (painel superior esquerdo e direito); e

Operação 3 - assentar os 3 Painéis pré-fabricados C e D (painéis inferiores).

Os resultados das verificações realizadas na etapa das interfaces durante o processo de montagem da cobertura com os Painéis pré-fabricados, e de acordo com as hipóteses listadas no capítulo 3 (quantitativo de materiais, mão de obra, qualidade do produto e infraestrutura), serão apresentados no capítulo 6.

5.6.3. Etapa de assentamento das tabeiras, testeiras e conduítes da instalação elétrica

Etapa de finalização da parte de madeira com o assentamento das tabeiras e testeiras e da colocação dos conduítes, de acordo com o projeto de instalações elétricas. É importante que a execução dos componentes de acabamento aconteça antes dos revestimentos cerâmicos, pois não se podem emboçar as extremidades da cobertura sem os acabamentos das testeiras e tabeiras; as faces e as extremidades dos Painéis pré-fabricados ficam expostas às intempéries.

A colocação dos conduítes se justifica nesta etapa, pois torna-se mais difícil sua instalação com os revestimentos cerâmicos da cobertura já assentados. Os conduítes são posicionados nos espaços entre os caibros e mesmo nos espaços entre as ripas. Ligam as caixas de passagem situadas no alto das paredes com as caixas de distribuição ao centro de cada ambiente. As caixas de distribuição estão na face do forro do painel e correspondem aos 'pontos de luz no teto'.

Tanto as tabeiras como as testeiras são componentes de *Pinus spp* tratados em autoclave com CCA; e têm a seção de 2,5 x 15 cm. O comprimento final da tabeira é 4,70 m e da testeira 4,95 m. Os conduítes elétricos têm diâmetro interno de $\frac{3}{4}$, ou 19 mm.

O martelo é usado para a fixação das tabeiras e testeiras com prego 19x36, e o serrote, para os recortes nas extremidades dos componentes, que podem ser realizados também com a serra circular. Para o furo da caixa de distribuição ao centro dos ambientes, é sugerido o uso da furadeira com serra copo ou broca chata de diâmetro maior que 1 polegada, ou 25 mm. Nem todas as brigadas têm essa máquina à disposição, buscando outra alternativa. Para acessar à cobertura, utiliza-se da escada.

Os únicos resíduos dessa etapa são os destopos das tabeiras e testeiras com pouco mais de 5 litros, ou, mais precisamente, 0,00525 m³. Há, também, os resíduos dos furos no forro para as caixas de distribuição e os restos de pregos.

A execução dos componentes de acabamento – tabeira e testeira – e dos conduítes da instalação elétrica está representado na **figura 95** pela operação 8. A etapa de montagem da cobertura no canteiro de obras envolve as seguintes operações:

Operação 1 - executar a distribuição dos conduítes elétricos, de acordo com projeto de instalações elétricas;

Operação 2 - assentar as tabeiras das 2 laterais da cobertura de 2 águas; e

Operação 3 - assentar as testeiras das 2 bordas frontais da cobertura de 2 águas.

Os resultados das verificações realizadas na etapa de execução dos componentes de acabamento e dos conduítes da instalação elétrica durante o processo de montagem da cobertura com os Painéis pré-fabricados, de acordo com as hipóteses listadas no capítulo 3 (quantitativo de materiais, mão de obra, qualidade do produto e infraestrutura), serão apresentados no capítulo 6.

5.6.4. Assentamento dos revestimentos cerâmicos de cobertura – as telhas

Etapa de colocação das telhas cerâmicas do tipo ‘romanas’, das telhas das bordas inclinadas, as ‘paulistinhas’, e das telhas de cumeeira. Pressupõe todas as etapas anteriores estarem prontas. Basicamente manual e com participação de todos os 4 membros da brigada. Como os painéis já estão com as ripas galgadas, resta apenas o trabalho de assentar as telhas, conforme instrução do fabricante.

A execução de assentamento dos revestimentos cerâmicos de cobertura está representada na **figura 95** pela operação 9. Enquanto etapa de montagem da cobertura no canteiro de obras, tem as seguintes operações:

Operação 1 - assentar as telhas cerâmicas nas duas águas da cobertura da casa;

Operação 2 - posicionar as telhas “paulistinhas” nas 2 bordas laterais das duas águas; e

Operação 3 - posicionar as telhas da cumeeira na linha da cumeeira.

Não se usa nenhuma ferramenta nem máquina. Faz-se uso de escadas ou andaimes para a transposição das telhas do térreo para o plano inclinado da cobertura. Duas pessoas trabalham sobre os Painéis pré-fabricados no assentamento das telhas, e duas pessoas trabalham embaixo, ao nível do chão. Foram empregadas telhas do tipo ‘romana’ com capa e canal; consumo de 16 telhas/m².

A quantidade de resíduos gerada foi pequena, menos de 5% de perda. Das 1739 peças que foram entregues em cada lote, 1644 eram telhas romanas, 62 telhas do tipo paulistinhas e 33 do tipo cumeeira. Nos 93,06 m² de superfície do plano inclinado, foram empregadas 1489 peças de telha romana. O desperdício de aproximadamente 74 peças deixou uma sobra para reposições futuras de 176 peças.

Os resultados das verificações realizadas na etapa do assentamento dos revestimentos cerâmicos durante o processo de montagem da cobertura com os Painéis pré-fabricados, de acordo com as hipóteses listadas no capítulo 3 (quantitativo de materiais, mão de obra, qualidade do produto e infraestrutura), serão apresentados no capítulo 6.

5.6.5. Etapa de emboçamentos gerais

Etapa de assentamento com argamassa de rejunte das telhas do tipo paulistinha nas bordas laterais e das telhas do tipo cumeeira no encontro dos 2 planos inclinados. Essa etapa finaliza a cobertura da casa e encerra a 5ª e última parte (montagem da cobertura) da cadeia de produção do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados do Assentamento Rural Sepé Tiaraju.

Os materiais empregados são a areia média e cimento, para fazer a argamassa de traço forte 1:3. São utilizadas ferramentas de pedreiro, bem como a habilidade básica desse oficial. Portanto, um membro da brigada com habilidade de pedreiro e um ajudante para misturar a argamassa e carregá-la são suficientes para a execução dessa etapa.

A execução da etapa de emboçamentos gerais está representada na **figura 95** pela operação 10. Enquanto etapa de montagem da cobertura no canteiro de obras, envolve as seguintes operações:

Operação 1 - emboçar as telhas paulistinhas nas bordas laterais das 2 águas da cobertura da casa; e

Operação 2 - emboçar as telhas da cumeeira na linha da cumeeira.

Os resultados das verificações realizadas na etapa dos emboçamentos gerais durante o processo de montagem da cobertura com os Painéis pré-fabricados, de acordo com as hipóteses listadas no capítulo 3 (quantitativo de materiais, mão de obra, qualidade do produto e infraestrutura), serão apresentados no capítulo 6.

CAPÍTULO 6 - Análise dos sistemas de cobertura pré-fabricadas

Nos capítulos 4 e 5, foram apresentadas as descrições detalhadas do processo de produção e montagem – na marcenaria e no canteiro de obras - dos sistemas de coberturas VLP e Painéis pré-fabricados desenvolvidos respectivamente nos Assentamentos Rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju. No presente capítulo, será apresentado os resultados das verificações realizadas no processo de produção das coberturas, que correspondem às duas partes finais da cadeia de produção (produção dos componentes e montagem da cobertura) das 5 partes que são: 1ª- desenvolvimento do projeto; 2ª- experimentação em laboratório; 3ª- aquisição da madeira; 4ª- pré-fabricação; e 5ª- montagem no canteiro.

Pretende-se, ao longo do texto, apresentar as discussões e análises das variáveis que caracterizam as condições e limites das etapas de pré-fabricação na marcenaria e montagem no canteiro de obras dos sistemas de cobertura desenvolvidos nesta tese e aplicados nas moradias dos dois assentamentos rurais.

Para facilitar a compreensão da proposta de análise, a seguir serão apresentadas as variáveis que foram identificadas como sendo mais importantes para a análise comparativa dos sistemas de coberturas VLP e em Painéis pré-fabricados. Os dados coletados do sistema de cobertura convencional, empregado em 6 casas do Projeto Inovarural no Assentamento Rural Pirituba II, foram adotados como parâmetro de comparação; nestes casos, as famílias optaram por cobrir a casa adquirindo a madeira da serraria local (ver 4.1.1).

As análises pretendidas neste capítulo estão baseadas nas hipóteses formuladas no capítulo 3, item 3.1, que se referem aos custos de todo o processo, à qualidade do sistema de cobertura e às adversidades relacionadas aos assentamentos rurais. Inicialmente, serão analisadas as condições necessárias para a pré-fabricação dos componentes dos dois sistemas de cobertura, nos dois assentamentos rurais. Em seguida, serão analisadas as variáveis levantadas durante o processo de produção dos dois sistemas de cobertura: 1ª- quantitativos de materiais, com ênfase nos volumes de madeiras, consumo e custo por metro quadrado construído e custos gerais; 2ª- tempo de produção e tamanho da equipe na marcenaria e no canteiro de obras, relacionando um indicador de produtividade do tipo horas/homem para cada sistema de cobertura; e, 3ª- graus de dificuldades identificados nas etapas de pré-fabricação e de montagem no canteiro de obras. Na etapa de pré-fabricação, será analisada também a eficiência dos equipamentos para a produção dos componentes nas duas marcenarias.

6.1. Condições para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais

Pretende-se apresentar as discussões e análises elaboradas para implementar a pré-fabricação de sistemas de cobertura nos dois assentamentos. As premissas para tanto estão de acordo com a proposta do Projeto Inovarural: geração de trabalho e renda, com inovação no processo, na gestão e no produto. Em relação ao produto, é importante frisar, foram considerados o desenvolvimento de componentes e sistemas construtivos que utilizassem recursos locais e renováveis e implementação de alternativas de infraestrutura, numa perspectiva de produção local. (HABIS, 2004b)

Num primeiro momento será analisada a preparação do local de produção – a marcenaria – tanto de Pirituba II, quanto do Sepé Tiaraju, focando as questões físicas do espaço edificado, toda a infraestrutura necessária, além das questões de armazenagem da matéria-prima e estocagem do produto acabado, e, por fim, as questões relativas ao transporte dos componentes da marcenaria para o canteiro de obras. Num segundo momento desta análise, será discutida a questão da capacitação da mão de obra para a pré-fabricação dos dois sistemas de cobertura nos dois assentamentos.

6.1.1. Preparação do local de pré-fabricação dos componentes

Os estudos para o desenvolvimento dos sistemas de cobertura VLP em Pirituba e dos Painéis pré-fabricados no Sepé Tiaraju consideraram que a implementação de uma marcenaria seria o melhor caminho para a produção da cobertura das novas casas de ambos os assentamentos. Obviamente, na cobertura convencional não houve pré-fabricação.

No caso de Pirituba, havia o ‘barracão’ da Área 4 e foram adquiridas as máquinas para a produção das esquadrias¹²² das novas casas do Projeto Inovarural, conforme citado por Laverde (2007). Contando com essa infraestrutura preexistente - do mesmo projeto de pesquisa para construção das casas -, o edifício da marcenaria de Pirituba II foi usado também para produção dos componentes da cobertura VLP.

No Assentamento Rural Sepé Tiaraju, a única edificação existente para a instalação da marcenaria era o prédio que os grupos utilizavam para reuniões e para as atividades de ensino das crianças do assentamento: a chamada “escolinha” do Sepé. Contando com uma estrutura simplificada, o prédio (com área coberta de 10 x 10 m e nenhuma instalação técnica) e o pátio

¹²² Em Pirituba II a marcenaria foi idealizada como projeto de incubação de empreendimento coletivo e autogestionário, com assessoria técnica do Grupo INCOOP da UFSCar e Grupo HABIS da EESC/USP.

externo cimentado de aproximadamente 200 m² de área descoberta receberam uma série de pequenas reformas para se adequar à produção dos Painéis pré-fabricados.

Em Pirituba II, a marcenaria fez parte de um projeto onde os empreendedores estavam presentes diariamente em atividades nas diversas frentes de trabalhos. Ao contrário, no Sepé a marcenaria era apenas um espaço onde as brigadas de trabalho se reuniam para a produção dos painéis. Quando uma brigada terminava a produção dos painéis de suas casas, a edificação ficava vacante um período de tempo até que outra brigada iniciasse sua produção. Esse intervalo de tempo entre o final de uma brigada e o início da próxima não era o cenário ideal, mas foi o que se verificou durante a produção dos Painéis pré-fabricados das brigadas que estavam menos organizadas. Esse fato não aconteceu entre as quatro primeiras brigadas que foram analisadas, mas foi recorrente nas demais.

A análise da infraestrutura instalada para produção dos componentes VLP levou em consideração apenas aqueles itens vinculados com a produção dos componentes da cobertura, uma vez que a marcenaria de Pirituba II já se encontrava instalada para a produção de diversos outros trabalhos. Dessa maneira, serão consideradas para os dois assentamentos as condições mínimas necessárias e utilizadas como: infraestrutura predial, máquinas, equipamentos, ferramentas e insumos e transporte dos componentes.

6.1.1.1. Infraestrutura predial

A produção dos componentes VLP necessitou de uma área coberta de 200 m², fechada, o dobro da área necessária para a produção dos painéis, pois, basicamente, na primeira se utilizaram mais e maiores máquinas (desengrossadeira, desempenadeira e esquadrejadeira) além de tanque de tratamento e área para a secagem das peças tratadas. O lay-out da área edificada para as operações de produção dos componentes VLP pode ser visto nas **figuras 65 e 66**, no item 4.5.3.

Para a produção dos Painéis pré-fabricados, a edificação contou com uma infraestrutura existente, porém mais precária que a de Pirituba II. Enquanto na primeira existia um barracão adequado às práticas do ofício de marcenaria e carpintaria, no Sepé foi adaptado o espaço de uma sala de aula (10 x 10 m) – o barracão da ‘escolinha’ do Sepé.

A necessidade de espaço interno para a produção dos Painéis pré-fabricados é bem reduzida (a metade das VLP), dado que se empregam uma única máquina (a destopadeira de bancada) e um único equipamento (a MPP). Apesar de a MPP ser maior que a mesa de produção dos componentes VLP, na produção dos painéis são empregadas apenas duas bancadas – a da

destopadeira e a MPP. O lay-out da produção dos Painéis pré-fabricados pode ser visto na **figura 93**, no item 5.5.3.

Em Pirituba, as instalações técnicas já se encontravam prontas (elétrica e hidráulica), beneficiadas pelos recursos de pesquisa destinados para este fim e, como já foi dito acima, pela infraestrutura existente anterior à produção das VLP. No Sepé Tiaraju, foram necessárias as mesmas instalações técnicas empregadas em Pirituba II (**tabela 19**), porém, sem recursos específicos para tal fim, o caminho foi mais árduo. Contando com a contribuição de parceiros do projeto conseguiram-se todos os materiais das instalações elétricas, mas não foi possível instalar sanitário, nem abastecimento de água. Os serviços foram executados por alguns moradores do Sepé Tiaraju e pela assessoria técnica.

Também, ao contrário de Pirituba II (onde já se confeccionava as esquadrias das casas do Projeto Inovarural), no Sepé Tiaraju foi preciso implantar uma nova infraestrutura na escolinha para a produção dos painéis. Assim, foi alargada a porta de entrada, reformada a cobertura que estava com algumas ripas quebradas - faltavam algumas telhas - e com o oitão voltado para o pátio inteiramente aberto, desprotegido. Foi instalada uma nova rede elétrica com fiação de 2,5 mm² (2 rolos de 100 m), 4 mm² (80 m), e 6 mm² (40 m), com 6 pontos de tomada, 2 interruptores e 4 pontos de luz, além de um quadro de distribuição com dois disjuntores.

Pode-se afirmar que a preexistência da marcenaria de Pirituba II na confecção das esquadrias de portas e janelas para as casas beneficiou a implantação da infraestrutura para a pré-fabricação dos componentes VLP. Ao contrário do Sepé Tiaraju, onde, à exceção da edificação que já existia, todo o resto foi necessário se adequar para a pré-fabricação dos painéis. Inclusive na organização das famílias e sua respectiva capacitação para a produção.

Para a estocagem da matéria-prima das VLP (as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade), existia uma área coberta e ventilada ao lado do barracão da marcenaria, de aproximadamente 100 m². Uma grande pilha de tábuas de *Pinus spp* com toda a carga de um caminhão (aproximadamente 50 m³) ficava estocada nesse espaço ao lado da marcenaria. Tinha boa ventilação por ser aberta, mas não oferecia segurança contra pequenos furtos.

O espaço para a estocagem da matéria-prima e dos painéis prontos ficou precarizado no Sepé. Apesar de o pátio ser cimentado, não era coberto. Tanto as madeiras serradas de *Pinus* e *Eucaliptus*, quanto os Painéis pré-fabricados prontos ficavam estocados ao tempo, sujeito às intempéries. Isso causou alguns prejuízos, deteriorando tanto as peças de madeiras serradas, quanto os próprios painéis prontos. As lâminas do forro, por sua vez, estavam estocadas no

interior da marcenaria. O espaço para a estocagem de matéria-prima dos Painéis pré-fabricados prontos é o dobro da área necessária para a estocagem das VLP. Isso se explica pela maior quantidade de peças diferentes e pelo grau de industrialização dos painéis. Enquanto nas VLP haviam as tábuas de *Pinus* de uma única medida, para os Painéis pré-fabricados era necessário espaço para estocar 2 tamanhos de caibros (de 2,0 m e 3,0 m), 2 tamanhos de ripa (de 3,0 m e 4,0 m), além de estocar toda a madeira da estrutura de apoio¹²³. Os Painéis pré-fabricados têm um grau de industrialização mais avançado (ver capítulo 2, item 2.6), com a própria adoção do 'painel' e a incorporação neste do componente forro. Na VLP, os componentes representam um 'kit' pré-fabricado que devia ser montado sobre a alvenaria e numa etapa posterior assentar o forro.

6.1.1.2. Máquinas, equipamentos, ferramentas e insumos

No Sepé Tiaraju, foram empregadas 2 máquinas: uma de pequeno porte – a serra circular manual – e a destopadeira de bancada. Em Pirituba II, foram empregadas máquinas maiores e em maior quantidade, conforme citado acima. Esses valores apontam para uma diferença na necessidade de máquinas empregadas e reflete diretamente nos custos de infraestrutura entre as duas marcenarias.

A mesa de produção de painéis – MPP – apresenta projeto mais elaborado de equipamento que a mesa de produção dos componentes VLP. Esta última é uma bancada em cujo tampo se ajustam gabaritos para a produção seriada dos componentes VLP. A MPP é um projeto específico, direcionado para a produção dos Painéis pré-fabricados, não servindo para outro fim; tem custo mais elevado. No capítulo 5 (item 5.3.3), é apresentada a avaliação da eficiência da MPP, no qual é sugerida a construção de uma mesa com materiais metálicos com a finalidade de aumentar sua eficiência e, até mesmo, uma maior adequação a outras medidas – possivelmente, em outras situações de projetos. (*figura 96*)

Os dois sistemas de cobertura pré-fabricados empregam um número reduzido de ferramentas. O fato de, em Pirituba II, ser usada uma ferramenta a mais – o grampo para pressionar os componentes sobre a mesa – não caracteriza o sistema VLP como mais difícil que o dos Painéis. Pode-se dizer que os dois sistemas empregam poucas ferramentas para a confecção dos componentes e que este dado indica uma grande vantagem pelo fato de não agregar custos no processo de pré-fabricação, ou de, pelo menos, não adicionar este custo para as famílias, beneficiárias da confecção dos componentes pré-fabricados em ambos os assentamentos.

¹²³ As madeiras da estrutura de apoio (viga da cozinha, terças, berços) e as tabeiras e testeiras foram estocadas na marcenaria do Sepé. No transporte dos Painéis pré-fabricados para o canteiro, estas eram levadas juntas.

Figura 96 – Mesas de produção dos componentes das coberturas. Fonte: Grupo Habis

Tanto em Pirituba II, quanto no Sepé Tiaraju, os insumos para a pré-fabricação dos componentes foram os pregos e as madeiras. Em Pirituba II, diferentemente do Sepé, o tipo de madeira se resume à apenas a um: as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade com seção fixa de 1,5 x 14 cm e comprimento de 1,90 m. No Sepé Tiaraju, foram 3 tipos de madeiras: os serrados de *Pinus spp* tratados com CCA, as ripas de *Eucaliptus* e as lâminas de forro de *Pinus*. Nos serrados de *Pinus* para a confecção dos Painéis, havia dois comprimentos de peças: de 2,0 m e 3,0 m. As lâminas eram de seção e comprimento único: 0,8 x 10 cm e 3,0 m, respectivamente. Já as ripas, todas com a mesma seção de 1,5 x 5 cm, apresentavam dois comprimentos: 3,0 m e 4,0 m. Essas variações de peças e medidas para a produção dos Painéis em relação às VLP podem sugerir uma desvantagem no gerenciamento sobre os quantitativos dos insumos.

As demais ferramentas para a manutenção de ambas as marcenarias, conforme a **tabela 19** indica, são de baixo custo e fáceis de serem adquiridas e mesmo arranjadas pelas próprias famílias. Trata-se da manutenção e preservação das características iniciais dos equipamentos (MPP no Sepé e a mesa de produção dos componentes VLP em Pirituba) para que, quando uma brigada ou grupo termine a sua produção, a marcenaria continue com as mesmas características e condições e sirva para a produção de todos os componentes para todas as famílias. No item 6.3.3 será apresentada uma análise da eficiência das mesas de produção dos componentes, empregadas nos dois assentamentos, com os aperfeiçoamentos incorporados.

6.1.1.3. Transporte dos componentes para o canteiro de obras

A questão do transporte será focada na localização das marcenarias em relação às moradias por elas atendidas e no tipo de transporte adotado para o deslocamento dos componentes pré-fabricados nos dois assentamentos estudados. Premissa para a implantação do sistema de cobertura pré-fabricado, a localização da marcenaria foi determinante para viabilizar o processo de produção.

Em Pirituba II, a marcenaria coletiva estava localizada, por assim dizer, ‘na entrada’ do assentamento, embora não haja nada que delimite esta indicação. Situada a aproximadamente

500 m da rodovia SP 258 – Francisco Alves Negrão, no trevo que dá acesso à rodovia SP 267 - Bom Sucesso de Itararé, a 1,5 km da entrada da Área 4 de Pirituba II. Em relação ao começo da Área 1 de Pirituba II está à 5,5 km e a, aproximadamente, 10 km do ‘Pastão’ da Área 1. (ver **figura 17**, no item 3.3.1, capítulo 3)

No Sepé Tiaraju, a marcenaria no ‘barracão da escolinha’, estava localizada mais próxima das moradias às quais ela atendia. A casa mais próxima estava a apenas 100 m, e a mais distante, a aproximadamente 3 km. (ver **figura 22**, no item 3.3.2, no capítulo 3)

As diferentes distâncias entre marcenarias e moradias dos dois assentamentos não representaram um problema para o transporte dos componentes pré-fabricados. A marcenaria de Pirituba II era uma edificação que apresentava maior segurança para guardar os equipamentos que lá estavam, ao contrário do Sepé, onde os membros das brigadas carregavam os equipamentos (destopadeira e serra circular, ambas manuais) todos os dias para a casa de um deles, para evitar o furto. Dentro da marcenaria do Sepé, ficavam as madeiras do forro e a MPP. Quando as brigadas de trabalho chegavam pela manhã, estas montavam a destopadeira sobre a bancada, numa operação bem simples. Em Pirituba, o local de produção dos componentes VLP é bem mais complexo, pois representa de fato uma marcenaria que está em processo de incubação e que, portanto, guarda um patrimônio de máquinas, equipamentos e ferramentas bem mais extenso.

Quanto ao transporte empregado para o deslocamento dos componentes pré-fabricados, pode-se dizer que os dois assentamentos adotaram praticamente os mesmos meios. Ou seja, aqueles que estão mais próximos de suas possibilidades: o trator puxando uma carreta, o caminhão $\frac{3}{4}$, ou até mesmo a charrete de tração animal. Como os deslocamentos eram realizados dentro do próprio assentamento, nos dois casos, não havia problema com a ‘legalização’ do meio de transporte empregado pelas famílias. No caso do caminhão de uso dos moradores do assentamento, geralmente, este não atendia às normas para circulação em rodovias ou vias urbanas.

6.1.2. Capacitação da mão de obra para a pré-fabricação

Os dois assentamentos apresentavam características semelhantes em relação à qualificação da mão de obra; em ambos, a maioria das famílias tinha pouca familiaridade com atividades da construção civil, principalmente com carpintaria. Conforme já exemplificado nos capítulos 4 e 5, as famílias se organizaram para a produção de suas casas e, dentre as atividades que foram

necessárias nesta organização, estava a capacitação para a pré-fabricação dos componentes dos sistemas construtivos.

Em ambos os assentamentos, a assessoria técnica organizou esta capacitação. Pesquisadores e técnicos especializados participaram do treinamento das famílias, que acontecia nos ambientes em que os componentes seriam pré-fabricados, já se fazendo uso das máquinas, equipamentos, ferramentas e insumos, conforme o projeto do componente indicava.

Apesar de ser condição necessária para produção dos componentes dos dois sistemas de cobertura aplicados em Pirituba II e no Sepé Tiaraju, a capacitação das famílias para a pré-fabricação se mostrou uma etapa bastante simples. Tampouco foram registrados problemas com a compreensão do processo, dada a desqualificação das pessoas, tanto em carpintaria convencional, quanto em relação à produção de um sistema inovador. Ressalte-se, neste caso, a simplicidade das operações de pré-fabricação dos componentes em ambos os sistemas, como o uso de ferramentas básicas, dentre outras facilidades, conforme será apresentado no item 6.3.1.

6.1.3. Síntese das condições necessárias para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais

Nas questões de capacitação das famílias e transporte dos componentes da marcenaria para as moradias, os dois assentamentos apresentam as mesmas características e, conforme apresentado na **tabela 19**, representam atividades de soluções simples.

Porém, as condições necessárias para a montagem da infraestrutura foram bastante diferentes. Pirituba II demandou uma edificação de maior porte, maiores e mais máquinas, equipamentos e ferramentas, ao contrário do Sepé, onde, além do edifício ser bem mais simples e pequeno, a demanda por máquinas e equipamentos é bem inferior. A **tabela 19** sintetiza as demandas realizadas nos dois assentamentos e demonstra as diferenças entre elas quanto às condições necessárias para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais.

As distâncias das marcenarias até as casas, apesar de relativamente bem diferentes entre si, não representaram problemas para os deslocamentos dos componentes pré-fabricados, tendo em vista que os meios de transporte utilizados foram disponibilizados pelas próprias famílias dos dois assentamentos.

Tabela 19 – Condições necessárias para a pré-fabricação dos sistemas de cobertura em assentamentos rurais. Fonte: do autor

	VLP em Pirituba II	Painéis pré-fabricados no Sepé Tiaraju
Estrutura Predial	200 m ² de área coberta e fechada e 100 m ² de área de pátio coberto e ventilado para estocagem da matéria-prima e dos produtos (componentes)	100 m ² de área coberta e fechada e 200 m ² de área de pátio não coberto para estocagem da matéria-prima e dos produtos (Painéis pré-fabricados)
Instalações técnicas	Padrão de entrada (QDL), fiação 16mm ² e 4mm ² Pontos de tomadas, interruptores e pontos de luz 1 WC básico (lavatório e vaso) completo	Padrão entrada (QDL), fiação 16mm ² , 4mm ² e 2,5mm ² Pontos de tomadas, interruptores e pontos de luz
Máquinas	Desengrossadeira de 5 hp, desempenadeira de 3 hp e serra circular de bancada (esquadrejadeira) de 1 hp.	Destopadeira de bancada de 1000 W e serra circular manual de 500 W
Equipamentos	Carrinho de mão, mesa de produção dos componentes e tanque de tratamento	Carrinho de mão e mesa de produção dos painéis (MPP)
Ferramentas	Martelos, serrotes e grampas Ferramentas básicas para a regulação das máquinas e manutenção do espaço	Martelos e serrotes Ferramentas básicas para regulação da MPP e manutenção do espaço
Insumos	Pregos de aço liso 17x27 e 15x15 e tábuas de <i>Pinus spp</i> de 3ª qualidade	Pregos de aço anelados 13x15 e 15x18, caibros de <i>Pinus spp</i> 2,5x10cm tratadas CCA, ripas de <i>Eucalyptus spp</i> 1,5x5 cm e lâminas de forro macho e fêmea de <i>Pinus</i> 0,8x10 cm imunizadas
Meio de transporte dos componentes	Trator com carreta, caminhão ¾, charrete com tração animal	Trator com carreta, caminhão ¾, charrete com tração animal
Localização da marcenaria ¹	Mínimo de 1,5 km, máximo de 10 km	Mínimo de 100 m e máximo de 3,0 km
Capacitação da mão de obra	Nível de qualificação baixo. Capacitação nas instalações da marcenaria.	Nível de qualificação baixo. Capacitação nas instalações da marcenaria.

Observações: 1. distância da marcenaria em relação às casas atendidas pelos Projetos Inovarural e Sepé Tiaraju

Embora não tenha sido abordada no quadro acima, a questão da segurança da edificação deve ser levada em consideração como uma condição relevante de ser discutida para a implantação da marcenaria. Tanto em Pirituba II como no Sepé, ocorreram casos de vandalismo e furto de ferramentas, equipamentos e materiais. Essa mesma questão demonstra uma evolução do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados diante da VLP pela simplicidade de infraestrutura predial, podendo dizer que, em situações limites, bastaria uma área coberta com energia para a pré-fabricação dos Painéis, considerando-se que a MPP não seria furtada, mesmo estando neste espaço coberto sem fechamentos.

6.2. Materiais empregados no processo de produção na marcenaria e no canteiro de obras – quantidades, consumos e custos

As discussões apresentadas a seguir focarão os quantitativos de materiais, especialmente as madeiras e os demais materiais empregados nos sistemas de cobertura dos dois assentamentos, desde o momento da aquisição, até o processamento na marcenaria e a montagem dos sistemas no canteiro de obras. Também, a partir desse momento, o sistema de cobertura convencional participa com seus dados, servindo de referência para uma análise comparativa entre os três sistemas de cobertura que foram empregados nos dois assentamentos rurais. Por fim, as análises abordarão as quantidades de materiais, o consumo e seus custos.

6.2.1. Madeiras

As madeiras empregadas nos três sistemas de cobertura foram todas provenientes de florestas plantadas dos gêneros mais encontrados no Brasil: o *Pinus spp* e o *Eucaliptus spp*. Pelas características do projeto de arquitetura associado às propostas dos sistemas de coberturas, todas as madeiras foram usinadas e fornecidas 'serradas', seja em tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, seja em peças de várias bitolas de *Pinus spp*, em lâminas de forro, ou em bitolas comerciais de *Eucaliptus spp* (vigas, vigotas, tábuas e ripas).

Quanto ao tratamento, houve pelo menos três tipos diferentes. Primeiramente, em Pirituba II, foi realizado um experimento com o extrato pirolenhoso, que se mostrou ineficiente¹²⁴ no combate aos cupins, para o tratamento das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade empregada nas VLP. Devido ao resultado negativo, ele foi substituído pelo tratamento das tábuas com pentox¹²⁵ de comprovada eficiência e com boa durabilidade. Como todos os componentes VLP já estavam pré-fabricados, este tratamento foi aplicado com a cobertura pronta, esborrifado por meio de uma bomba costal. Em Pirituba, o tratamento foi aplicado em todas as madeiras da cobertura – nas tábuas das VLP, nas lâminas do forro e nos demais componentes em madeira de *Eucaliptus spp*.

O segundo tipo de tratamento foi aplicado nas madeiras serradas *Pinus spp* do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados utilizados nas casas do Sepé Tiaraju. Foi aplicado o produto CCA (cloro, carbono e arsênico) na concentração de 4 kg/m³ de madeira, sob pressão, em tanques de autoclave, pelo próprio fornecedor. Não foram tratadas as ripas e as lâminas do forro. Segundo informações do fornecedor e da NBR 7190, o CCA oferece garantias de durabilidade superior a 25 anos.

O terceiro tratamento foi bastante superficial e não estava sob o controle da assessoria técnica. Foi aplicado pelo fornecedor nas lâminas de forro utilizadas nos Painéis pré-fabricados. Segundo informações do fornecedor, foi realizado um tratamento à base de imersão rápida das lâminas ainda verdes, recém laminadas, e em seguida colocadas para secar ao tempo para escoar o excesso do imunizante e da umidade. Essas lâminas são classificadas como *forro imunizado*. Quanto à eficiência deste tratamento, o próprio fornecedor não oferece garantias contra o ataque de cupins, apenas diz que tem 'certa resistência à proliferação de fungos'.

As madeiras adquiridas para o sistema VLP e para o sistema convencional, ambas em Pirituba II, eram procedentes de florestas plantadas das proximidades do assentamento. A região de

¹²⁴ Ensaio realizado pelo IPT - madeiras em outubro de 2005.

¹²⁵ Tratamento à base de piretróides de ação cupinicida de alta eficácia, porém tóxico no contato com partes sensíveis (mucosas)

Itapeva é reconhecida como região produtora de madeira, com grandes extensões de florestas plantadas dos gêneros *Pinus spp* e *Eucaliptus spp*.

No caso do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados do Sepé Tiaraju, segundo informações do fornecedor, as madeiras serradas de *Pinus spp* vieram de florestas localizadas ao sul do estado de São Paulo. Ele mesmo adquiriu as madeiras do gênero *Eucaliptus spp* de floresta plantada da região de São Carlos, para a produção das ripas. Outro fornecedor processou as lâminas de forro com encaixes do tipo 'macho e fêmea' de *Pinus*. Segundo o fornecedor das lâminas do forro, a madeira de *Pinus spp* era procedente de florestas plantadas do sudoeste do estado de São Paulo (a região do Assentamento Rural Pirituba II).

As madeiras empregadas no sistema de cobertura VLP foram de diferentes tipos: tábuas de *Pinus spp*, madeira serrada de *Eucaliptus spp* e lâminas de forro. As duas primeiras foram aplicadas basicamente na confecção dos componentes VLP, e as lâminas de forro, como o nome já adianta, foram aplicadas nas faces inferiores das VLP simples, interna e externamente à casa, na forma de forro inclinado.

Foram de três tipos as madeiras empregadas na cobertura das casas do Sepé Tiaraju: as madeiras serradas de *Pinus spp*, que corresponde ao maior volume de madeira do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados; a madeira serrada de *Eucaliptus spp*, que foi empregada apenas nas ripas dos Painéis pré-fabricados; e as lâminas do forro.

A cobertura convencional empregou basicamente madeiras de *Eucaliptus spp* serrado em bitolas comerciais para a estrutura de apoio e na trama. Para o forro, foram utilizadas as lâminas de *Pinus*, do mesmo tipo das que foram aplicadas nas outras moradias de Pirituba II.

As informações apresentadas a seguir foram resgatadas dos capítulos 4 (VLP) e 5 (Painéis pré-fabricados) e no item 4.1.1, do capítulo 4, referente à cobertura convencional.

6.2.1.1. Quantitativos – volumes e perdas

É importante apresentar as quantidades de madeiras com valores da aquisição (volume bruto) e com valores finais (volume líquido). A cobertura convencional usa apenas madeira de *Eucaliptus spp*, enquanto nas coberturas VLP e em Painéis pré-fabricados os volumes predominantes são de madeiras do gênero *Pinus spp*, à exceção do forro.

O volume bruto de forro consumido nas coberturas VLP e convencional deve ser ponderado em relação ao volume bruto consumido no forro na cobertura em Painéis pré-fabricados. A grande quantidade consumida na cobertura VLP deve-se ao fato de que, primeiramente, foram

adquiridas as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade, em seguida elas foram processadas para se tornarem lâminas de forro do tipo 'macho e fêmea'. O volume encontrado após o processamento das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade é o valor mais correto a ser comparado com a quantidade consumida na aquisição das lâminas de forro para a cobertura de Painéis pré-fabricados. Esse valor corresponde à metade do volume bruto, pois, no processamento das tábuas há uma perda de 50% do volume. Assim, o volume das tábuas de *Pinus spp* na cobertura VLP passa de 1,9456 m³ para 0,9728 m³ (121,6 m²), e o volume das lâminas de forro na aquisição para os Painéis pré-fabricados é de 0,897 m³ (112,14 m²), conforme a **tabela 20**. Esses mesmos valores do forro da VLP servem de base para a cobertura convencional, que tem a mesma superfície da cobertura VLP e emprega o mesmo tipo de forro.

Tabela 20 – Quantitativos das madeiras empregadas por tipo de sistema de cobertura. Fonte: do autor

Sistemas de cobertura	Convencional	VLP	Painéis pré-fabricados
<i>Pinus spp</i> (aquisição)	-	3,0225 m³	1,3046 m³
<i>Eucaliptus spp</i> (aquisição)	2,167 m³	0,2416 m³	0,2772 m³
Estrutura de apoio e trama	2,167 m³	3,2641 m³	1,5818 m³
Forro de <i>Pinus</i> (aquisição) ⁽¹⁾	1,9456 m³ / 0,9728 m³	1,9456 m³ / 0,9728 m³	0,8970 m³
<i>Pinus spp</i> (líquido)	-	2,3587 m³	1,1613 m³
<i>Eucaliptus spp</i> (líquido)	1,898 m³	0,2196 m³	0,2376 m³
Estrutura de apoio e trama	1,898 m³	2,5783 m³	1,3989 m³
Forro de <i>Pinus</i> (líquido)	0,7661 m³	0,7661 m³	0,744 m³
Perdas <i>Pinus spp</i>	-	21,96%	10,98%
Perdas <i>Eucaliptus spp</i>	12,41%	9,11%	14,29%
Perdas forro <i>Pinus</i> ⁽²⁾	60,62%	60,62%	17,06%

Observações: (1) o forro da cobertura convencional e VLP estão expressos em volume de tábuas brutas e de lâminas processadas

(2) perda referente às seleções dos defeitos (esmoados, nós, empenos, etc) e aos recortes das lâminas

A grande diferença do volume de *Pinus spp* das VLP para os Painéis pré-fabricados deve-se ao fato de as primeiras serem de 3ª qualidade e, portanto, com uma grande perda na seleção inicial e com perdas maiores também no processamento. Enquanto que os serrados de *Pinus spp* dos Painéis são fornecidos nas bitolas finais, necessitando apenas de recortes nos topos para se chegar à medida final. As perdas com seleção também são reduzidas nos Painéis pré-fabricados.

Além do citado acima, as técnicas construtivas dos diferentes sistemas de cobertura contribuíram para a diferença no quantitativo de madeiras. Por exemplo, nas VLP os componentes da estrutura de apoio são composições de tábuas, enquanto que nos Painéis pré-fabricados elas são de madeiras maciças e inteiras. Esse uso direto do componente final diminui o volume de madeira consumida nos Painéis pré-fabricados.

As perdas de volume com o *Eucaliptus spp* são próximas nos três sistemas. Na cobertura VLP, elas são usadas sem processamento de suas seções e com perdas reduzidas na seleção, o que significa um bom aproveitamento das peças – perda final de 9,11%. Nas ripas empregadas nos

Painéis pré-fabricados, as perdas se dão pelos destopos de 10% no comprimento, junto com as perdas da seleção – perda final de 14,29%; a maior entre os três sistemas de cobertura. Já no caso do sistema convencional, a perda é de 12,41%, porém é a madeira de maior consumo nesse sistema, pois é aplicada na trama e na estrutura de apoio (**tabela 20**). As perdas da madeira *Eucalyptus spp* na cobertura convencional acontecem nos destopos dos comprimentos e na seleção inicial, embora esta última seja bem reduzida, pois o fornecedor oferece certa garantia na qualidade das madeiras, permitindo seleção das peças na própria loja, ou mesmo a troca, quando um defeito é observado no recebimento no canteiro de obra.

Excetuando-se as madeiras do forro, as demais fazem parte da estrutura de apoio e da trama. Desta forma, o volume de madeiras se apresenta de maneira mais clara tanto no momento da compra (aquisição) como no do componente pronto (líquido). Pela **tabela 20** observa-se que o sistema em Painéis pré-fabricados tem um volume na aquisição ($1,5818 \text{ m}^3$) bem abaixo das demais, $2,167 \text{ m}^3$ e $3,2641 \text{ m}^3$, respectivamente, convencional e VLP.

Com o componente pronto, essa diferença diminui, principalmente no caso da VLP, onde a perda no processamento é maior que nas demais, como visto acima. Assim, o volume dos componentes da estrutura de apoio e da trama para os Painéis pré-fabricados continua menor que os demais, com $1,3989 \text{ m}^3$, contra $1,898 \text{ m}^3$ do convencional e $2,5783 \text{ m}^3$ das VLP.

6.2.1.2. Relação do consumo de madeira

O consumo de madeira da cobertura está relacionado com o volume líquido de madeira utilizada na trama e na estrutura de apoio distribuído na superfície coberta construída dos planos inclinados. Conforme Damiano (2000), o volume da madeira de forro não entra nesta relação. O forro é considerado acabamento opcional, não necessário para a habitabilidade mínima e não participa dos componentes estruturais da cobertura.

A superfície coberta construída do sistema convencional e da VLP é de $107,35 \text{ m}^2$, pois ambas contam com varanda. Já a superfície coberta construída do sistema em Painéis pré-fabricados é de $93,06 \text{ m}^2$, apesar de os beirais laterais serem de 90 cm (20 cm maiores que a cobertura de Pirituba II).

A relação de consumo de madeira de uma cobertura pela sua área construída é um importante indicador para referenciar os estudos das estruturas de madeira aplicados na construção de telhados. O maior volume de madeira consumida na cobertura de uma construção está nas partes constituintes da trama e da estrutura de apoio. Isso, por si só, denota a importância do indicador.

Apesar de Damiano (2000) relacionar o índice de $0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2$ como o consumo médio de madeira para uma cobertura convencional, nas moradias de Pirituba II que empregaram esse sistema de cobertura foi encontrado o valor de $0,018 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Embora, sem ter como comprovar, se sugira que tal diferença se deva, em boa parte ao fato de que em Pirituba não foram usadas tesouras e que o único componente da estrutura de apoio seja uma viga biapoiada na cozinha. Se no lugar dos 2 oitões internos¹²⁶ tivéssemos empregado 2 tesouras¹²⁷, com peças de $6 \times 16 \text{ cm}$, o volume da estrutura de apoio subiria para $0,57 \text{ m}^3$. Ainda assim, o valor somado com o volume da trama da cobertura convencional alcançaria o volume total líquido de $2,179 \text{ m}^3$ de madeira, perfazendo o consumo de $0,020 \text{ m}^3/\text{m}^2$, 20% abaixo do valor médio citado por Damiano.

No Sepé Tiaraju, o consumo de madeira da cobertura em Painéis pré-fabricados apresenta o menor índice dentre os 3 sistemas de cobertura avaliados, $0,015 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Está 40% abaixo do índice de Damiano, 37,5% abaixo do valor encontrado na cobertura VLP e 16,5% abaixo do consumo de madeira da cobertura convencional de Pirituba II. Esses dados estão apresentados na **tabela 21**.

Tabela 21 – Consumo de madeiras usadas na cobertura de 1 casa, por tipo de sistema de cobertura.

Fonte: do autor

Sistemas de cobertura	Convencional	VLP	Painéis pré-fabricados
Superfície coberta	107,35 m ²	107,35 m ²	93,06 m ²
Volume final de madeira ⁽¹⁾	1,898 m ³	2,5783 m ³	1,3989 m ³
Índice de consumo m³/m²	0,018 m ³ /m ²	0,024 m ³ /m ²	0,015 m ³ /m ²

Observação: (1) volumes da trama e da estrutura de apoio; forro não incluído.

Considerando-se a disposição construtiva dos componentes, o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados do Sepé Tiaraju não se diferencia do de cobertura convencional de Pirituba II. No Sepé, apesar do emprego do painel, este é composto por terças, caibros e ripas, mesmos componentes da cobertura convencional. A diferença básica está na seção dos caibros. A inércia ($bh^3/12$) do caibro convencional (seção $6 \times 7 \text{ cm}$ - $171,5 \text{ cm}^4$) é 17,68% menor que a do caibro do painel pré-fabricado (seção $2,5 \times 10 \text{ cm}$ - $208,33 \text{ cm}^4$). Tal diferença percentual permite usar um gênero de madeira com menor módulo de elasticidade para se obter o mesmo resultado no cálculo de resistência à flexão. O uso de uma madeira com módulo de elasticidade menor pode-se traduzir em madeira com menor custo – gênero de resistência estrutural inferior, madeira mais macia. Não se pode dizer que seja uma regra, mas acontece frequentemente nas madeiras folhosas em relação às madeiras de coníferas. (CALIL JR et al., 2003)

¹²⁶ Ver informações da cobertura convencional desenvolvida no item 4.1.1, do capítulo 4.

¹²⁷ Tesoura do tipo "Pratt" para 2 águas, sendo 2 pernas, 2 tirantes, 2 mãos-francesas e 1 montante.

A seção transversal do caibro da cobertura convencional tem área de 42 cm² e é 40,48% superior ao caibro empregado no painel pré-fabricado com área da seção transversal de 25 cm². Considerando-se que tanto o caibro de Pirituba II, quanto o do Sepé, vence o mesmo vão, ou seja, 1,90 m, pode-se afirmar que houve o ganho percentual, citado acima, no volume de madeiras da cobertura em Painéis pré-fabricados sobre a cobertura convencional. Tal diferença não se faz tão significativa na **tabela 21**, pois, em Pirituba tem-se a varanda, ao contrário do Sepé Tiaraju.

Pode-se dizer que, na otimização oferecida pelo dimensionamento dos caibros da cobertura em Painéis pré-fabricados se ganhou no volume menor de madeira (consequentemente, no consumo mais baixo) e no emprego de um gênero de madeira com menor módulo de elasticidade e que geralmente apresenta menores custos do metro cúbico – que no caso do mercado brasileiro é praticamente uma regra.

Apesar de ser um referencial importante, é preciso considerar que o indicador do consumo de madeira da cobertura não representa o único parâmetro para a escolha do material. Como será visto a seguir, o custo também representa um dos critérios mais decisivos, senão o mais importante, na escolha do tipo de madeira para a estrutura da cobertura.

6.2.1.3. Custos das madeiras

As madeiras empregadas nos dois assentamentos apresentavam características diferentes entre si. Em Pirituba tínhamos as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade – bitola 1,5 x 14 cm e comprimento 1,90 m – e as serradas de *Eucaliptus spp* em bitolas comerciais, enquanto no Sepé as tábuas de *Pinus* disponíveis eram mais ‘grossas’ – com espessuras fixas de 2,5 cm, largura de 10 cm até 30 cm e comprimento variando de 2,0 m a 5,0 m.

Ainda assim, essas madeiras eram diferentes das madeiras normalmente encontradas no mercado. Enquanto, em maio de 2005, se encontrava o *Pinus* de 3ª ao custo de R\$198/m³, o *Pinus* de 1ª qualidade serrado em bitolas comerciais era vendido a R\$350/m³, e o *Eucaliptus spp* serrado em bitolas comerciais a R\$500/m³. Nessa mesma época, as madeiras serradas provenientes de florestas nativas, ou seja, ‘madeiras de lei’¹²⁸, e comercializadas na região de Itapeva estavam com seus preços superiores a R\$1.500/m³ (Habis 2005d). Por esses e por todos os motivos já explicitados neste trabalho, as madeiras nativas não foram nem sequer cogitadas de ser empregadas em nenhum dos assentamentos.

¹²⁸ O termo, oriundo de lei que proíbe a exploração, extração e comercialização de certas espécies de madeira, se disseminou como madeiras provenientes de florestas nativas, vulgarizando seu emprego para todas as madeiras das florestas Amazônica, Mata Atlântica e outras, que não são florestas plantadas.

As tábuas de *Pinus* de 3ª qualidade, junto ao potencial do baixo custo do metro cúbico, apresentaram vantagens por adicionar qualidade construtiva pela técnica inovadora do sistema de cobertura que estava sendo proposto para as casas, mesmo que, conforme visto anteriormente, apresentasse maior consumo de madeiras que a cobertura convencional.

Na **tabela 22**, pode-se observar que, excluindo-se as madeiras do forro, em maio de 2005, o custo das madeiras da cobertura convencional e a da VLP eram bem diferentes: R\$1.072,45 e R\$696,75, respectivamente. Na época, essa diferença de custo foi fundamental para muitas famílias se decidirem pela cobertura VLP em Pirituba II.

Quando do início das negociações com as famílias do Sepé Tiaraju, o sistema de cobertura VLP, conforme aplicado em Pirituba II, foi fortemente citado¹²⁹, e dado como certa a sua replicação nas novas casas do Sepé. Porém, com o avanço dos estudos sobre o potencial madeireiro da região geoeconômica de Ribeirão Preto, das condições de infraestrutura do assentamento e de outros aspectos econômicos, tais como inserção dos custos de mão de obra e frete nos componentes VLP produzidos na marcenaria de Pirituba II, inviabilizou-se a implementação deste sistema de cobertura nas novas casas do Projeto Sepé Tiaraju.

Tabela 22 – Quantitativos e custo das madeiras utilizadas nas 3 coberturas. Fonte: do autor

	Descrição das madeiras	Qde inicial (m³)	Preço maio de 2005 ⁽¹⁾ com participação %				Preço outubro de 2008 com participação %			
			R\$/unit	R\$ parcial	% total	R\$ total	R\$/unit	R\$ parcial	% total	R\$ total
Conven	<i>Eucaliptus</i> serrado	1,9424	500,00	971,20	55,45	1.506,32	900,00	1.748,16	62,11	2.654,37
	Tabeiras de 2,5 x 20	0,225	450,00	101,25			1.200,00	270,00		
	Forro de <i>Pinus</i>	1,9456	223,00	433,87			327,00	636,21		
VLP	Tábuas <i>Pinus</i> de 3ª	3,0225	198,00	598,45	44,17	1.130,62	350,00	1.057,86	50,98	1.952,73
	<i>Eucaliptus</i> serrado	0,1041	350,00	36,42			900,00	93,66		
	Tabeiras de 2,5 x 20	0,1375	450,00	61,88			1.200,00	165,00		
	Forro de <i>Pinus</i>	1,9456	223,00	433,87			327,00	636,21		
Painéis	<i>Pinus</i> serrado ⁽²⁾	1,3046	660,00	861,05	65,73	1.778,46	760,00	991,52	66,35	2.082,05
	<i>Eucaliptus</i> serrado	0,2772	680,00	188,50			900,00	249,48		
	Forro de <i>Pinus</i> (m²)	112,14	6,50	728,91			7,50	841,05		

Observações: 1. Os preços das madeiras dos Painéis foram coletados em setembro de 2007

2. no custo de aquisição das madeiras de *Pinus spp* dos Painéis pré-fabricados está incluso o tratamento das madeiras

As tábuas serradas de *Pinus spp* para a modelagem das formas nas edificações com estruturas em concreto são largamente empregadas pela indústria da construção no estado de São Paulo. Na região geoeconômica de Ribeirão Preto, esse quadro se repete e inclui todas as cidades próximas ao assentamento do Sepé e mesmo as cidades próximas de São Carlos. Essas tábuas se mostraram bastante adequadas para serem empregadas na cobertura das casas do Sepé Tiaraju. As principais características levantadas e estudadas foram: preço do metro cúbico, trabalhabilidade (leveza e maciez), disponibilidade na região, origem (florestas plantadas),

¹²⁹ Algumas famílias do Sepé já conheciam as novas moradias construídas pelo Projeto Inovarural em Pirituba II.

estabilidade dimensional e a possibilidade de tratamento preservativo. O custo do *Pinus spp* serrado em bitola comercial e tratado com CCA em autoclave e entregue no Assentamento Rural Sepé Tiaraju foi de R\$660/m³, na concentração de 4 kg/m³, em conformidade com a NBR 7190/97. (ABNT, 1997)

Na comparação direta dos valores de madeira, levantados em 2008, para VLP e Painéis, de R\$ 1.952,73 para R\$ 2.082,05, respectivamente, a diferença observada de R\$ 130,00 (~8%) deve-se ao custo de tratamento das madeiras utilizadas no sistema Pannel. Tendo em vista a garantia da durabilidade, este acréscimo pode ser entendido como bastante razoável e viável, pois aumenta a qualidade final do subsistema cobertura.

No custo apenas das madeiras, nota-se pela **tabela 22** a diferença entre os 3 sistemas de cobertura, nos custos de outubro de 2008. As madeiras da cobertura convencional são as mais caras, R\$2.654,37, devido à maior valorização do *Eucaliptus* usado; as tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade da cobertura VLP não subiram tanto e ficaram com o menor valor, R\$1.952,73; o mesmo acontecendo com as madeiras serradas dos Painéis pré-fabricados cujo custo ficou em R\$2.082,05, já com o tratamento do CCA em autoclave. Neste período, de maio de 2005 a outubro de 2008, o *Pinus spp* valorizou menos que o *Eucaliptus spp*.

Outro indicador da influência dos diferentes tipos de madeiras da cobertura em relação ao custo dos demais materiais da cobertura da casa é a relação da participação do custo total das madeiras sobre o custo total dos materiais da cobertura apresentado na **tabela 22**.

De maio de 2005 a outubro de 2008, a influência da madeira no custo da cobertura convencional passou de 55,45% para 62,11%, sinalizando mais uma vez a alta maior do *Eucaliptus spp*. Enquanto, nesse mesmo período, o custo das madeiras da cobertura VLP subiu menos, de 44,17% para 50,98%. Num período menor de tempo, de setembro de 2007 a outubro de 2008, esta relação para a cobertura em Painéis pré-fabricados variou menos de 1%. No período, o *Pinus spp* ficou com o seu preço praticamente estabilizado.

Ainda nesta relação da participação do custo da madeira sobre os custos dos materiais da cobertura, realizada em outubro de 2008, é importante frisar que, na cobertura VLP, o custo da madeira representa metade do custo da cobertura, enquanto que nas outras duas coberturas, ela se aproxima de 2/3 do total de custo dos materiais da cobertura – 62,11% para a cobertura convencional e 66,35% para a cobertura em Painéis pré-fabricados. Reforçando que os custos da madeira impactam mais nessas duas coberturas que na cobertura VLP. Os demais materiais

da cobertura VLP correspondem a aproximadamente metade do valor da cobertura, como será visto a seguir.

6.2.2. Demais materiais

Dando sequência à apresentação anterior, observa-se que o percentual de participação de custos dos demais materiais sobre o total da cobertura é de 37,89%, 49,02% e 33,65%, respectivamente, para a cobertura convencional, VLP e Painéis pré-fabricados. (**tabela 23**)

Tabela 23 – Quantitativos e custo dos demais materiais utilizadas nas 3 coberturas. Fonte: do autor

Quantidade e custo dos demais materiais utilizados na cobertura								
Descrição dos materiais	Qtidade inicial (m³)	Preço maio de 2005 ⁽¹⁾ com participação %		Preço outubro de 2008 com participação %				
		R\$/unit	% total	R\$ total	R\$/unit.	% total	R\$ total	
Convencional	Rev. cerâm. (und)	1997	0,40	29,33	796,65	0,55	25,62	1.094,81
	Pregos (kg)	8,61	5,00	1,58	43,03	5,41	1,09	46,59
	Acessórios	nt	nt	Nt	nt	nt	nt	nt
	Tratamentos (lt)	18,00	20,00	13,25	360,00	25,00	10,53	450,00
	Emboçamentos ⁽³⁾	-	0,72	19,65	-	0,65	28,02	28,02
	Total materiais cobertura convencional			100,0	2.716,33		100,0	4.273,79
VLP	Rev. cerâm. (und)	1997	0,40	31,12	796,65	0,55	28,59	1.094,81
	Pregos (kg)	35,57	5,00	6,95	177,85	5,03	4,67	178,74
	Acessórios ⁽²⁾	-	3,30	84,55	-	3,28	125,62	125,62
	Tratamentos (lt)	18,00	20,00	14,06	360,00	25,00	11,75	450,00
	Emboçamentos ⁽³⁾	-	0,77	19,65	-	0,73	28,02	28,02
	Total dos materiais da cobertura VLP			100,0	2.559,99		100,0	3.829,92
Painéis	Rev. cerâm. (und)	1733	0,49	31,32	847,35	0,53	29,42	922,99
	Pregos (kg)	8,21	5,62	1,71	46,18	10,98	2,87	90,13
	Acessórios	1	3,80	0,14	3,80	5,50	0,18	5,50
	Tratamentos (lt) ⁽⁴⁾	nt	nt	nt	nt	nt	nt	nt
	Emboçamentos ⁽³⁾	-	0,89	24,00	-	1,18	37,08	37,08
	Total materiais Painéis pré-fabricados			100,0	2.705,67		100,0	3.137,75

Observações: 1. O preço dos materiais dos Painéis pré-fabricados é relativo a setembro de 2007

2. Estão agrupados os vários acessórios utilizados na cobertura VLP

3. Estão agrupados a areia e o cimento utilizados.

4. O custo com o tratamento está incluso nos custos de aquisição das madeiras de *Pinus spp* dos Painéis

- sem informação relevante

nt. Não foi utilizado material

Os principais materiais da cobertura, além das madeiras, foram os revestimentos cerâmicos da cobertura (telhas), o tratamento nas madeiras, os pregos, os acessórios e a areia e cimento dos emboçamentos. Porém, houve algumas exceções: a cobertura convencional não utilizou acessórios, e a cobertura em Painéis pré-fabricados teve o tratamento das madeiras já incluído no custo de aquisição destas. Essas informações podem ser observadas na **tabela 23**.

Pela mesma tabela, podem ser observadas ainda várias curiosidades: os materiais que mais se destacam na cobertura das casas, junto com as madeiras. Se agruparmos as telhas e o tratamento, chega-se aos seguintes percentuais de participação nos custos de materiais da cobertura, valores correspondentes a outubro de 2008: 98,26%, 91,32% e 95,77%, respectivamente, para convencional, VLP e Painéis.

Dessa forma, chega-se à conclusão de que os pregos, acessórios e materiais dos emboçamentos têm pequena influência, ou, como tem sido usado, pequena participação nos custos de materiais da cobertura. Vale comentar a pequena quantidade de pregos na cobertura convencional, apenas 1,09%; ao contrário, temos também sobre a VLP, proporcionalmente, uma grande quantidade de pregos, 4,67%, e 3,28% de acessórios. Esses dois resultados sobressaem sobre os demais materiais da cobertura convencional e Painéis pré-fabricados.

Referenciando-se no valor do custo total da casa em 2005, quando o custo dos materiais da casa do Projeto Inovarural foi orçado em R\$9.500,00, o percentual de participação dos materiais da cobertura alcançaram 26,95%, ou pouco mais de $\frac{1}{4}$ do custo total da casa. O custo dos materiais da cobertura atualizado em outubro de 2008 alcançou o valor de R\$3.829,92, e, com base no percentual acima, pressupõe-se que o valor de todos os materiais da casa alcança o valor de R\$14.211,21 em outubro de 2008. Por esse mesmo critério e adotando-se o mesmo valor total da casa da cobertura VLP - uma vez que, mesmo aplicando a cobertura convencional, estas famílias tinham o mesmo recurso que as demais famílias do Projeto Inovarural -, chega-se ao valor de R\$15.858,22, em outubro de 2008.

Para a cobertura em Painéis pré-fabricados, em setembro de 2007, quando o custo dos materiais da casa inteira foi orçado em R\$11.259,00, os materiais da cobertura corresponderam à 24,03%, ou pouco menos de $\frac{1}{4}$ do custo total da casa. O custo dos materiais da cobertura atualizado em outubro de 2008 alcançou o valor de R\$3.137,75, e, com base no percentual acima, pressupõe-se que o custo de todos os materiais da casa alcançou o valor de R\$13.057,64, em outubro de 2008.

6.2.3. Síntese dos materiais empregados

A madeira é o material mais usado e com maior participação sobre o custo total de materiais da cobertura dos três sistemas estudados, conforme pode ser verificado na **tabela 24**. A participação da madeira sobre o custo total da cobertura ultrapassa a metade (50,98%) na cobertura VLP e chega próximo de $\frac{2}{3}$ (62,11% e 66,35%), respectivamente na cobertura convencional e de Painéis pré-fabricados.

Quanto ao volume de aquisição e considerando as madeiras da trama e da estrutura de apoio (excluindo o forro), a cobertura em Painéis é a que consome menos madeiras (1,5818 m³), contra 2,167 m³ da cobertura convencional e 3,2641 m³ da cobertura VLP (**tabela 20**).

Nas perdas, e considerando-se as madeiras da trama e da estrutura de apoio, continua a vantagem da cobertura em Painéis pré-fabricados com o percentual de 11,56%, perto dos

12,41% da cobertura convencional, mas bem abaixo dos 21,01% de perda da cobertura VLP. Na produção dos painéis, não há alteração da seção das peças adquiridas e das peças processadas; durante o processamento estas são apenas destopadas, diminuindo bastante as perdas. As madeiras são selecionadas junto ao fornecedor; ainda assim, trabalha-se com pequena perda de seleção no processamento.

Embora não tenha a pré-fabricação, o sistema convencional tem procedimento parecido com o dos Painéis. A seção peça, no momento da 'aquisição' e ao final da montagem é a mesma, ou seja, as perdas se dão praticamente com os destopos. Já o sistema VLP, mesmo com seleção junto ao fornecedor, apresenta perda antes do processamento (seleção dos defeitos) e durante o processamento - desengrosso, desempenho, refilagem e destopos.

Tabela 24 – Quantitativos de materiais por casa, nos três sistemas de cobertura.

Fonte: do autor

	Convencional	VLP	Painéis pré-fabricados
Volume madeira aquisição⁽¹⁾	2,167 m ³	3,2641 m ³	1,5818 m ³
Volume madeira líquido⁽¹⁾	1,898 m ³	2,5783 m ³	1,3989 m ³
Perdas madeira⁽¹⁾	12,41%	21,01	11,56
Índice ⁽¹⁾de consumo m³/m²	0,018 m ³ /m ²	0,024 m ³ /m ²	0,015 m ³ /m ²
Custo das madeiras ⁽²⁾	2.654,37	1.952,73	2.082,05
% madeira sobre custo total	62,11	50,98	66,35
Custo dos demais materiais⁽²⁾	1.619,42	1.877,19	1.055,70
% demais mater. s/ custo total	37,89	49,02	33,65
Custo total da cobertura⁽²⁾	4.273,79	3.829,92	3.137,75

Observações: 1 – madeiras da estrutura de apoio e da trama (*Pinus* e *Eucalyptus*); forro excluído.

2 - valores correspondentes a outubro de 2008

O índice de consumo de madeiras por superfície construída de telhado, considera as madeiras da estrutura de apoio e da trama (exceto as madeiras do forro) e tem como o parâmetro o indicador citado por Damiano (2000) que é 0,025 m³/m² de uma cobertura convencional com tesouras na estrutura de apoio e terças, caibros e ripas distribuídos na trama - dimensionados conforme a NBR 7190/97. Embora trabalhando com a cobertura convencional, em algumas casas de Pirituba II, tal índice de consumo chegou a 0,018 m³/m². Isto pode ser explicado pelo uso de uma viga simples e maciça em substituição à tesoura, além de beirais pequenos, dentre outras pequenas diferenças. O projeto da cobertura convencional, conforme apresentado no item 4.1.1, teve sua estrutura dimensionada de acordo com a NBR 7190/97.

O índice de consumo de madeiras por superfície construída nas VLP é o mais elevado dos três – 0,024 m³/m² - embora pouco menor que o citado por Damiano (2000). O grande volume das VLP se justifica pela quantidade de processamento na pré-fabricação e pelas perdas com a seleção inicial. As madeiras de *Pinus spp* de 3ª qualidade apresentam muitos defeitos, apesar da seleção realizada junto ao fornecedor.

Em resumo, a cobertura em Painéis pré-fabricados utiliza o menor volume de madeiras, tem a menor perda no processamento, apresenta o melhor índice de consumo por superfície construída e é a mais barata, em comparação com a cobertura convencional e VLP.

6.3. Pré-fabricação dos sistemas de cobertura nas marcenarias

Serão apresentados os resultados da etapa de pré-fabricação quanto ao seu grau de dificuldade, ao tamanho da equipe necessária e ao tempo levado para finalizar esta etapa. Como a cobertura convencional não entra com informações, por não contar com a pré-fabricação de seus componentes, os dados a seguir serão do sistema de cobertura VLP de Pirituba II e os Painéis pré-fabricados do Sepé Tiaraju.

Ainda neste item, serão analisados os dois equipamentos (mesas) quanto à sua eficiência para produzir os componentes VLP e os Painéis pré-fabricados.

6.3.1. Grau de dificuldade na etapa de pré-fabricação

Durante a confecção dos componentes dos sistemas de cobertura VLP e em Painéis pré-fabricados na marcenaria, foi observado o grau de dificuldade das várias operações da etapa de pré-fabricação dos componentes. Apesar de serem sistemas de coberturas com propostas inovadoras, foi observado que ambas tiveram grande assimilação por parte dos membros das famílias que participaram da capacitação e do processo de produção nas marcenarias de ambos os assentamentos.

Pode-se dizer que a inovação do produto e do processo de produção com pré-fabricação dos componentes na mesa de produção das VLP não inibiu, nem interferiu negativamente no aprendizado das famílias. Certamente, contribuiu para estimular no processo de compreensão, uma vez que o benefício final seria a obtenção de um sistema de cobertura 'diferente', mas eficiente. Os primeiros componentes VLP foram aplicados na casa do Camilo. Vários membros, antes de iniciarem a produção das VLP para as suas construções, visitaram esta casa para certificar a eficiência da cobertura 'diferente'. Esse estímulo para a confecção das VLP na marcenaria foi comprovado na agilidade com a qual os membros dos grupos confeccionavam os componentes VLP na marcenaria.

Quanto à produção dos Painéis pré-fabricados, em nenhum momento foi observada rejeição das famílias do Sepé Tiaraju em trabalhar na MPP e em produzir os componentes. Como relatado no processo de desenvolvimento do projeto (Parte 1 do capítulo 5), as famílias do Sepé Tiaraju assimilaram rapidamente o processo de produção dos Painéis pré-fabricados e não foi observada nenhuma dificuldade maior na sua confecção. Algumas brigadas se especializaram

na confecção, tanto que foram contratadas para a produção dos Painéis pré-fabricados para outras famílias do próprio assentamento.

Pelas razões expostas acima, tanto os componentes VLP como os Painéis pré-fabricados tiveram suas operações de confecção classificadas quanto ao seu grau de dificuldade em médio/baixo, conforme indicação da **tabela 25**.

Tabela 25 – Grau de dificuldade na etapa de pré-fabricação do componente na marcenaria.

Fonte: autor

	Sistemas	Convencional	VLP	Painel pré-fabricado
Etapa				
Pré-fabricação na marcenaria		Etapa inexistente	Médio / Baixo	Médio / Baixo

6.3.2. Tamanho da equipe e tempo de produção

A Marcenaria Coletiva de Pirituba II se pré-fabricaram os principais componentes da cobertura VLP (estrutura de apoio e trama), com exceção das lâminas do forro de *Pinus*. Dessa marcenaria partem os principais componentes que serão empregados na cobertura VLP.

Na marcenaria da 'escolinha' no Sepé Tiaraju pré-fabricam-se todos os componentes da trama – os Painéis pré-fabricados. Os componentes da estrutura de apoio não são pré-fabricados. Porém, os Painéis pré-fabricados já estão com as lâminas de forro de *Pinus* assentadas. Da marcenaria partem todos os componentes do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados que serão empregados na cobertura das casas do Sepé.

O tamanho da equipe para a pré-fabricação dos componentes VLP reflete mais a forma como os grupos se organizaram, do que propriamente uma necessidade na produção dos componentes. Na pré-fabricação dos painéis, foi observado que, mesmo as equipes podendo ser maiores, elas nunca ultrapassaram o número de 4 pessoas. O espaço da marcenaria de Pirituba II era bem maior e mais estruturado para a produção dos componentes VLP que o espaço da marcenaria do Sepé Tiaraju. Este último foi adaptado de um edifício existente para a produção dos Painéis pré-fabricados. O espaço era suficiente para a produção, embora, em algumas ocasiões, as brigadas quisessem estocar os painéis dentro da marcenaria, preocupadas com os dias chuvosos. Não havia no pátio um local coberto para a estocagem dos Painéis pré-fabricados e nem para as madeiras serradas de *Pinus spp*.

No tempo gasto para a pré-fabricação do sistema de cobertura VLP, foram produzidos todos os componentes empregados na cobertura das casas, desde os componentes da trama, até os da estrutura de apoio. Conforme indicação da **tabela 26** foram necessárias 11 horas em média para

esta produção. Considerando-se o dia de trabalho com 8 horas, gastaram-se 1 dia e 3 horas de trabalho para a produção de todos os componentes de uma casa do sistema de cobertura VLP. Teoricamente, um grupo organizado para a produção de componentes VLP para 6 casas consumiria 8 dias de trabalho.

Neste mesmo raciocínio, para a produção dos Painéis pré-fabricados de 6 casas do Sepé Tiaraju seriam consumidos 6 dias de trabalho, conforme indicação da **tabela 26**. Na pré-fabricação dos Painéis na marcenaria do Sepé, foram confeccionados os componentes da trama. Os componentes da estrutura de apoio do sistema de Painéis pré-fabricados, já prontos (madeira serrada e maciça), foram levados para o canteiro de obras onde foram empregados na etapa de preparo das interfaces. Os componentes da trama e da estrutura de apoio foram transportados, ao mesmo tempo, para o canteiro de obras.

Tabela 26 – Quantidade de tempo, tamanho da equipe e produtividade na etapa da marcenaria dos 3 sistemas de cobertura para a confecção dos componentes de 1 casa. Fonte: autor

Sistemas de costura para a confecção dos componentes do Vestido					Fonte: autor	
Sistemas	Convencional		VLP		Painel pré-fabricado	
Variáveis	tempo	equipe	tempo	equipe	tempo	Equipe
Confecção na marcenaria	etapa inexist.	etapa inexist.	11 h	5 pessoas	8 h e 6 min	4 pessoas
Índice produtividade horas/homem	Inexiste		55 horas/homem		32 horas e 24 min/homem	

A tabela acima apresenta também a relação que indica a produtividade horas/homem necessárias para a produção de todos os componentes de uma casa. Assim, para o sistema de cobertura VLP a produtividade é 55 horas /homem, enquanto para o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados a produtividade é 32,4 h/homem¹³⁰.

Com esse indicador de produtividade, pode-se afirmar que o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados é mais eficiente por dispensar menos horas de trabalho para a produção de todos os componentes de uma casa.

6.3.3. Eficiência do equipamento de produção dos componentes

Faz-se a verificação da eficiência das mesas de produção dos componentes. No caso de Pirituba II, esta mesa não recebeu um nome específico. No Sepé Tiaraju foi dado o nome de Mesa de Produção de Painéis – MPP. A eficiência foi verificada, pois se considera que uma ‘mesa’ eficiente interfere positivamente na qualidade da produção dos componentes pré-fabricados. Tanto em Pirituba, quanto no Sepé Tiaraju, as mesas de produção dos componentes foram decisivas para o rendimento da produção. Ambas contribuíram para a manutenção da padronização das medidas dos componentes, característica da produção em série. Facilitaram o

¹³⁰ Já fazendo a conversão de horas/minutos para horas/decimais

trabalho das equipes na produção dos componentes e na circulação destes, nos momentos de entrada dela (início da produção) e na saída dos componentes prontos.

Algumas características da produção diferenciaram os sistemas de pré-fabricação entre si. Enquanto no sistema VLP foram produzidos 111 componentes para uma casa (34 VLP simples de 2,70 m, 68 VLP simples de 3,40 m, 4 VLP de beiral, 4 VLP de varanda e 1 VLP composta), no sistema em Painéis pré-fabricados foram produzidos apenas 12 componenetes por casa (4 painéis A, 2 do B, 4 do C e 2 do D). Os dados acima podem ser confirmados na **tabela 27**.

Esse dado caracteriza os Painéis pré-fabricados com maior grau de industrialização que as VLP. Tais características foram decisivas para classificar a mesa de produção de componentes dos painéis, MPP, como muito positiva, pois agregou inovação na produção do componente da cobertura – um painel grande, leve e de qualidade. Em todos eles, foram mantidas as mesmas características – tolerância dimensional, estabilidade construtiva e estrutural, alinhamentos das peças e entre elas, esquadros gerais e posicionamento das peças.

Tabela 27 – Eficiência da mesa de produção dos componentes da cobertura. Fonte: do autor

Sistemas de cobertura	Convencional	VLP	Painéis pré-fabricados
Grau de eficiência	Etapa inexistente	Positiva	Muito positiva
Qtde de componentes / casa	Etapa inexistente	111	12

Embora não tenha influenciado nos resultados da tabela acima, os componentes da VLP confeccionados na mesa de produção são da trama e da estrutura de apoio, enquanto os componentes produzidos na MPP são apenas da trama. Considerando-se apenas os componentes da trama da VLP eles ainda somam um grande número – 102 componentes das VLP simples.

A mesa de produção das VLP é uma bancada que, em seu tampo com marcações “gabaritadas”, recebe as tábuas de *Pinus spp* para a produção dos componentes VLP. Já a MPP é um equipamento específico com a finalidade de produzir os Painéis pré-fabricados.

Como sugestão da assessoria, embora não tenha sido aplicada nem em Pirituba, tampouco no Sepé Tiaraju, fica a intenção de implementar o pinador¹³¹ como ferramenta que seria utilizada nas pregagens dos componentes – fixação das tábuas de *Pinus spp* de 3ª nas VLP e fixação das ripas, caibros e forro nos Painéis pré-fabricados. Outra sugestão é a produção de uma MPP com materiais metálicos que permitam ajustes mais precisos e suportem os ‘golpes e vibrações’ durante a produção dos Painéis.

¹³¹ Ferramenta pneumática que melhora o desempenho nas pregagens de madeiras por meio de grampos metálicos.

6.3.4. Síntese da pré-fabricação dos sistemas de cobertura

As análises apresentadas anteriormente sobre a pré-fabricação dos dois sistemas de cobertura permitem afirmar a superioridade do sistema em Painéis pré-fabricados diante das VLP. Apesar dos ganhos que a pré-fabricação das VLP expôs para as coberturas das casas de Pirituba II, percebe-se pelos dados apresentados acima que os Painéis pré-fabricados têm melhor índice de produtividade horas/homem e maior grau de industrialização na pré-fabricação incorporando o forro como parte do componente. Essas qualidades têm relação direta com a mesa de produção do componente que proporcionou a produção de uma componente com maior rapidez, agregando maior industrialização e qualidade ao produto final.

6.4. Montagem dos sistemas de cobertura nos canteiros de obras

Serão apresentados os resultados das verificações realizadas nas seis etapas de montagem dos sistemas de cobertura quanto ao grau de dificuldade, ao tamanho da equipe necessária e ao tempo necessário para finalizar cada uma das seis etapas.

6.4.1. Grau de dificuldade nas etapas de montagem

Serão apresentados dados relativos às seis etapas de montagem das coberturas convencional e VLP em Pirituba II e da cobertura em Painéis pré-fabricados do Assentamento Rural Sepé Tiaraju, com classificações 'baixo', 'médio' e 'alto'.

6.4.1.1. *Etapas de preparo das interfaces*

Das 6 etapas verificadas nos 3 sistemas de coberturas, a etapa de preparo das interfaces é a que apresenta o maior número de operações com maiores dificuldades; que exigem maior habilidade da mão de obra e maior conhecimento técnico do ofício. Basicamente, é a etapa de assentamento dos componentes da estrutura de apoio sobre a alvenaria das casas.

Entretanto, na cobertura convencional, esta etapa teve apenas a operação de assentamento da viga da cozinha, que era seu único componente da estrutura de apoio, definindo o plano inclinado para a próxima. Das três coberturas verificadas, foi a que apresentou maior simplicidade no processo – uma única operação - e foi classificada com o grau de dificuldade 'baixo'.

A cobertura VLP apresentou várias operações nessa etapa, como o assentamento das VLP composta, VLP da varanda, VLP do beiral e colocação dos berços, ficando, assim, com seu

plano inclinado pronto para a próxima. Apesar da quantidade de operações, foi classificado com o grau de dificuldade 'médio'.

A cobertura em Painéis pré-fabricados também contou com várias operações nesta etapa, sendo o assentamento da viga da cozinha a mais complexa delas. As outras operações, como o assentamento das terças da cumeeira, intermediária e do frechal foram mais simples. Apesar da quantidade de operações, a etapa de preparo das interfaces dos Painéis pré-fabricados foi classificado com o grau de dificuldade 'médio'.

6.4.1.2. Etapa de assentamento dos componentes da trama

A cobertura convencional apresenta grau de dificuldade 'médio' nesta etapa por representar, dentre os três sistemas de cobertura analisados, aquele com maior complexidade. A fixação dos componentes da trama se dá de maneira individualizada e componente por componente, desde as terças, passando pelos caibros (maior número de componentes) e finalizando com as ripas.

Em seguida, vem o assentamento das VLP simples que reúne num só componente, o equivalente aos três componentes da cobertura convencional (a terça, o caibro e a ripa), teve seu assentamento facilitado, porém, pela quantidade de componentes (102), recebeu classificação 'médio', quanto ao grau de dificuldade.

O sistema de cobertura Painéis pré-fabricados é o que apresenta a trama mais simples de ser assentada – tem poucos componentes (12 painéis no total) e é de simples fixação. Recebeu grau de dificuldade 'baixo'.

Apesar de necessitarem de mão de obra com certa qualificação, os serviços podem ser classificados como simples. O martelo é a ferramenta mais empregada. Algumas atenções específicas inerentes a cada sistema de cobertura não o colocam em situação de dificuldade que os desqualificam. Por essa variável, os três sistemas de cobertura são considerados como vantajosos.

6.4.1.3. Etapa de assentamento das tabeiras, testeiras e conduítes elétricos

Apresentam o mesmo grau de dificuldade para os três sistemas de cobertura – 'baixo' -, embora trabalhar em altura e na borda dos beirais represente certo risco de acidentes. As poucas diferenças entre os três sistemas não criam dificuldades que os diferenciem quanto ao grau, nesta etapa.

6.4.1.4. Etapa de assentamento dos revestimentos cerâmicos da cobertura

As operações desta etapa foram iguais para os três sistemas de cobertura. Desta maneira, os três sistemas de cobertura se apresentaram com o mesmo grau de dificuldade, ou seja, 'baixo'. Dispensavam ferramentas na sua instalação e cuidados nos encaixes e ordem de assentamento das telhas.

6.4.1.5. Etapa dos emboçamentos gerais

As operações de emboçamentos foram as mesmas para as três coberturas e apresentaram grau de dificuldade 'baixo' para os três sistemas. Como no caso do assentamento das tabeiras e testeiras, algumas operações apresentaram certo risco pela sua altura e localização: por exemplo, o trabalho na borda da cobertura.

6.4.1.6. Etapa de assentamento do forro

No sistema de cobertura Painéis pré-fabricados, o forro foi assentado na etapa de confecção dos painéis, na marcenaria. Das três coberturas, foi a mais simples de ser fixada, apresentando maior controle na operação, pois as lâminas estavam na MPP, sobre os caibros. Entretanto, pela quantidade de peças e número de pregagens, recebeu grau de dificuldade 'médio'. Ressalte-se que, nos Painéis pré-fabricados, esta etapa aconteceu na marcenaria, ao contrário das outras duas coberturas, que aconteceram após o término da sua montagem.

Embora tenha sido aplicada em apenas em 7 casas do sistema de cobertura VLP, foi considerada uma atividade com grau de dificuldade 'alto'. Essa avaliação será considerada a mesma para a cobertura convencional, por esta contar com a mesma superfície coberta internamente, embora não tenha sido registrada nenhuma moradia com forro.

6.4.2. Síntese do grau de dificuldade nas etapas de montagem

As etapas de preparo das interfaces, de assentamento dos componentes da trama e o assentamento do forro foram aquelas em que se encontraram as maiores diferenças no grau de dificuldade e as maiores complexidades executivas nos três sistemas de cobertura. As outras três etapas – tabeiras, testeiras e conduítes, revestimentos da cobertura e emboçamentos gerais – têm o mesmo grau de dificuldade para o três sistemas, além de serem etapas de menor complexidade. A **tabela 28** apresenta de maneira geral e resumida, o grau de dificuldade de todas as etapas analisadas.

Tabela 28 – Grau de dificuldade nas etapas de montagem no canteiro dos 3 sistemas de cobertura.

Fonte: autor

Sistemas	Convencional	VLP	Painel pré-fabricado
Etapas			
Preparo das interfaces	Baixo	Médio	Médio
Ass. componentes da trama	Médio	Médio	Baixo
Ass. tabeiras, testeiras e conduites	Baixo	Baixo	Baixo
Ass. revestim. cerâmicos cobertura	Baixo	Baixo	Baixo
Emboçamentos gerais	Baixo	Baixo	Baixo
Assentamento do forro	Alto	Alto	Médio
Grau de dificuldade Geral	Médio/Alto	Médio	Médio/Baixo

A etapa de assentamento do forro fez a diferença na comparação entre os três sistemas. Enquanto na cobertura em Painéis pré-fabricados se assentava o forro com grande controle da qualidade de acabamento, executando-o na própria MPP da marcenaria da 'escolinha', nas coberturas VLP e convencional, ele era assentado de maneira um tanto quanto difícil, com menor grau de controle da execução, comprometendo sua qualidade.

Pode-se afirmar, com base apenas nos dados apresentados acima, que o forro do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados era assentado mais facilmente que o forro das coberturas VLP e convencional. Mesmo com os dados acima, comprovados nas verificações, pode-se garantir que a qualidade final de acabamento da cobertura das casas do Sepé Tiaraju foi superior à das coberturas das casas de Pirituba II (VLP e convencional). O maior nível de controle da produção do painel na MPP e as facilidades de montagem das lâminas do forro no momento de aplicação dessas sobre os caibros contribuíram e permitiram uma maior qualidade do Painel pré-fabricado.

Como relatado inicialmente, nesta síntese, algumas etapas da montagem dos sistemas de cobertura são menos complexas que outras. Pela distribuição apresentada na tabela acima e pelo exposto anteriormente, chega-se à conclusão de que a classificação dos graus de dificuldades tem uma média geral. Sendo assim, a cobertura em Painéis pré-fabricados recebe grau de dificuldade geral 'médio/baixo', a cobertura VLP recebe o grau de dificuldade geral 'médio' e a cobertura convencional o grau de dificuldade geral 'médio/alto'.

6.4.3. Tamanho da equipe e tempos de produção

Os resultados das verificações apresentadas a seguir se darão nas seis etapas da montagem das coberturas VLP e convencional localizadas no Assentamento Rural Pirituba II e da cobertura em Painéis pré-fabricados no Assentamento Rural Sepé Tiaraju. Ao final, faz-se uma síntese sobre o tamanho da equipe e os tempos de produção durante a montagem das coberturas nos seus respectivos canteiros de obra.

6.4.3.1. Etapa de preparo das interfaces

O sistema convencional tem apenas o assentamento da viga da cozinha (único componente da estrutura de apoio) nesta etapa, além de outros acertos dos oitões da alvenaria. É o sistema de cobertura que menos tempo absorve com o preparo das interfaces. O assentamento das terças é considerado na próxima etapa. O tempo médio gasto para esta etapa foi de 6 horas.

No sistema VLP, onde foram assentados 9 componentes da estrutura de apoio, foram consumidos em média 16 horas e 40 minutos. Foi o sistema de cobertura que mais tempo consumiu para o preparo das interfaces.

O sistema em Painéis pré-fabricados dispendeu pouco menos tempo que as VLP – 13 horas e 20 minutos. Foram assentadas as terças (cumeeira, intermediária e frechal), além da viga da cozinha.

É nessa etapa que acontecem os erros mais comuns e com maiores chances de comprometerem o trabalho de carpintaria das coberturas. Por isso, é importante o acompanhamento dos trabalhos durante o levantamento das alvenarias e, principalmente, no momento de finalizar os oitões (respaldo), visando uma interface sem problemas com a carpintaria da cobertura. Desta maneira, a etapa de preparo das interfaces deve ser encarada com bastante cuidado.

O tamanho da equipe de trabalho, no preparo das interfaces dos três sistemas de coberturas, pouco variou. Basicamente, uma equipe de 3 a 4 pessoas foi suficiente para cumprir essa etapa. Esse tamanho de equipe tem a ver com o porte dos componentes, que geralmente eram transportados por 2 pessoas, e com a necessidade de ter sempre um membro em cima da cobertura e outro embaixo, o que agilizava os serviços.

No caso específico do sistema de Painéis pré-fabricados, o tamanho de 4 pessoas tem a ver com a necessidade da etapa seguinte, quando foram necessárias 4 pessoas para o transporte do maior painel.

6.4.3.2. Etapa de assentamento dos componentes da trama e da estrutura de apoio

O sistema de cobertura convencional se mostra o mais complexo e consome mais tempo na sua montagem. Foram assentados os três componentes: 6 linhas de terças, as 18 linhas de caibros para cada água e as 34 linhas de ripas, estas últimas devidamente “galgadas”. O tempo médio para o assentamento da trama da cobertura convencional foi de 20 horas.

Os sistemas de cobertura VLP e Painéis, com praticamente os mesmos tempos, são de montagem rápida. O componente VLP simples substitui os 3 componentes do sistema convencional em uma única montagem. O componente Paineis pré-fabricado também substitui os caibros e as ripas do sistema convencional e agrega o componente forro, em relação às VLP. Para a cobertura VLP, foram gastas 4 horas e 55 minutos em média, enquanto que nos Painéis foram utilizadas 4 horas e 45 minutos. O tempo gasto no assentamento dos componentes da trama é onde reside uma das maiores vantagens dos sistemas pré-fabricados, pois está incluída a colocação do forro.

Nos três sistemas de cobertura, foi empregada a mesma quantidade de pessoas para o assentamento dos componentes da trama, ou seja, 4. Esse número torna-se um referencial para a montagem de coberturas residenciais. De um modo geral, sempre há um líder, carpinteiro. Em seguida, vem o auxiliar de carpinteiro, por fim, dois ajudantes. Quando muito, se dispensa o auxiliar de carpinteiro (ou este não é encontrado) e trabalha-se com três ajudantes.

6.4.3.3. Etapa de assentamento das tabeiras, testeiras e conduítes elétricos

A cobertura convencional recebeu apenas as testeiras (nas laterais das bordas inclinadas) e os conduítes foram passados após a colocação dos revestimentos da cobertura (as telhas). Na cobertura VLP, foi verificado apenas o serviço de assentamento das tabeiras – não existem dados sobre os serviços de assentamento dos conduítes. Na cobertura em Painéis, foram verificados todos os serviços desta etapa.

Tal medição não reflete uma boa comparação entre os três sistemas pelas diferenças entre os serviços realizados em cada cobertura. Vale a comparação entre a cobertura convencional e os Painéis que tiveram tempos aproximados, considerando-se que este último tem as testeiras a mais que na cobertura convencional. De qualquer maneira, como são serviços parecidos, não há por que terem tempos diferentes.

Os tempos registrados foram os seguintes: 4h e 45min, 1h e 30min e 6 h, respectivamente para as coberturas convencional, VLP e Painéis pré-fabricados.

Essa etapa da cobertura das casas estava bastante descolada das demais, nos dois assentamentos. Em muitas casas, tais serviços foram realizados em momentos distintos. A maioria das famílias não priorizou a ordem sugerida pela assessoria. Na maioria das casas o assentamento das tabeiras e testeiras e dos conduítes elétricos foi realizado após o assentamento das telhas, dificultando a passagem dos conduítes da elétrica.

O tamanho da equipe se resumiu a três pessoas nos três sistemas de cobertura: o líder trabalhava mais tempo em cima do telhado com seu ajudante. O outro ajudante trabalhava embaixo, para a passagem de materiais, ferramentas e equipamentos.

6.4.3.4. *Etapas de assentamento dos revestimentos cerâmicos da cobertura*

Esta etapa apresenta as mesmas características de serviços e materiais para os três sistemas de cobertura dos dois assentamentos, com a diferença na quantidade de superfície coberta do sistema em Painéis pré-fabricados que é um pouco menor que a das outras duas – 93,06 m² contra 103,75 m².

Devido à diferença de tamanho, a cobertura em Painéis foi montada em tempo mais curto, 4 horas em média, as demais gastaram 4 h e 30 min. Proporcionalmente, todas gastaram o mesmo tempo.

A maioria das casas observadas nos dois assentamentos encerrava as atividades de montagem da cobertura ao final desta etapa, deixando as demais - acabamento com tabeiras, testeiras e conduítes, emboçamentos gerais e o assentamento do forro (convencional e VLP) - para um outro momento. A pressa, ou a necessidade, de ter a moradia coberta falava mais alto que o cumprimento das etapas restantes, conforme colocado pela assessoria técnica.

Nos três sistemas de coberturas, foram verificadas as mesmas quantidades de pessoas envolvidas com o assentamento das telhas cerâmicas – 4 -, apesar da pequena diferença de tamanho entre a cobertura em Painéis e as outras duas. Essa quantidade tem relação direta com a continuidade que as equipes davam às etapas de assentamento da trama do sistema de cobertura.

6.4.3.5. *Etapas dos emboçamentos*

Etapas iguais para os três sistemas de cobertura, com pequena diferença de quantidade de emboçamentos nas bordas laterais da cobertura em Painéis pré-fabricados, pois neste não havia a varanda. As demais características dos materiais e serviços foram idênticas.

Os tempos registrados foram os seguintes: 5h e 30min, 5h e 30min e 5 h, respectivamente para as coberturas convencional, VLP e Painéis pré-fabricados.

Na maioria das casas observadas nos dois assentamentos, essa etapa foi protelada para outro momento, descolando bastante da ordem ideal de montagem proposta pela assessoria. Proporcionalmente, tem-se o mesmo tempo para as três coberturas.

A etapa de emboçamento demanda o menor tamanho de equipe e igual para os três sistemas de coberturas: 2 pessoas, sendo um pedreiro e seu ajudante.

6.4.3.6. Etapa de assentamento do forro

Esta etapa apresenta algumas características diversas entre os três sistemas. Na verdade, entre a cobertura em Painéis pré-fabricados e as outras duas – VLP e convencional. Na cobertura em Painéis das 67 casas do Assentamento Rural Sepé Tiaraju, o forro foi colocado no momento da confecção dos painéis na marcenaria. Diferentemente de Pirituba II, onde as 7 casas de cobertura VLP que empregaram as lâminas de forro o fizeram após o assentamento das telhas, no canteiro de obras. Momentos bastante distintos. Para a cobertura convencional, foram consideradas as mesmas informações das empregadas na cobertura VLP.

Assim, nesta etapa de verificação, serão considerados apenas os dados dos sistemas de cobertura convencional e VLP.

Com as mesmas superfícies cobertas e empregando-se os mesmos materiais, foi gasto o mesmo tempo de assentamento, ou seja, 24 horas de trabalho.

Foi um tempo um tanto exagerado para o assentamento das lâminas de forro. O serviço de fixação de baixo para cima, além de se mostrar longo, consumiu muita madeira para os andaimes (mesmo que essa madeira tenha sido improvisada) demandando diferentes tempos para a sua montagem e desmontagem, quando dos deslocamentos para os diferentes ambientes. Além do mais, como já visto no 'grau de dificuldade', esta etapa se mostrou difícil.

O assentamento do forro acontece apenas nos sistemas de cobertura convencional e VLP, onde foram necessárias, em média, 3 pessoas para a sua instalação.

6.4.4. Síntese do tamanho da equipe e dos tempos de produção nas etapas de montagem

O tempo de cada etapa corresponde aos valores levantados individualmente em momentos específicos, e supõe as equipes organizadas. Não representa valor real de tempo gasto na produção do componente, pois a linha de produção não é linear nem contínua, porém é um indicador relevante, considerando-se que os três tipos de cobertura foram avaliados pelos mesmos parâmetros, conforme citado nas descrições acima, nas verificações anteriores e nas apresentações individuais dos capítulos 4 e 5. A **tabela 29** apresenta a síntese desses tempos e o tamanho das equipes em cada etapa da montagem das coberturas, no canteiro de obras dos dois assentamentos.

Os bons tempos na montagem em canteiro de obras dos sistemas VLP e Painéis pré-fabricados refletem as vantagens com a pré-fabricação na marcenaria, onde se finalizam os componentes da trama com a colocação do forro – este último componente foi colocado apenas nos Painéis pré-fabricados.

O tempo registrado com o preparo das interfaces indica onde os sistemas pré-fabricados têm pior desempenho em relação ao sistema convencional; praticamente o dobro do tempo. No convencional gastam-se 6 horas, ou próximo de 1 dia de trabalho; nos outros dois sistemas, aproximadamente 2 dias de trabalho. A informação sobre ‘tempo total’ em horas para os três sistemas, conforme a **tabela 29**, pode ser colocada também na forma de dias, da seguinte maneira: 8 dias e 30min, 7 dias 1h e 20min e 4 dias 1h e 5 min, respectivamente para os sistemas convencional, VLP e Painéis pré-fabricados. Dessa forma exposta, fica mais evidente a diferença de tempo entre a cobertura convencional e a cobertura em Painéis pré-fabricados.

Tabela 29 – Quantidade de tempo e tamanho da equipe nas etapas do canteiro de obra dos 3 sistemas para a montagem da cobertura de 1 casa. Fonte: autor

Etapas	Sistemas	Convencional		VLP		Painel pré-fabricado	
	Variáveis	tempo	pessoas	tempo	pessoas	tempo	pessoas
Preparo das interfaces		6 horas	3 a 4	16 h e 40 min	3 a 4	13 h e 20 min	4
Assent. componentes trama		20 horas	4	4 h e 55 min	4	4 h e 45 min	4
Ass. tabeiras, testeiras e conduites		4 h e 30 min	3	1 h e 45 min	3	6 h	3
Assent. revest. cerâm. Cobertura		4 h e 30 min	4	4 h e 30 min	4	4 h	4
Emboçamentos gerais		5 h e 30 min	2	5 h e 30 min	2	5 h	2
Assentamento do forro		24 h	3	24 h	3	etapa inexist.	etapa inexist.
Total		64 h e 30 min	3 a 4	57 h e 20 min	3 a 4	33 h e 5 min	3 a 4
Horas/homem.comp.casa ⁽¹⁾		258 horas/homem		229,33 horas/homem		132,33 horas/homem	

Observação: 1 - aplica-se no índice de produtividade o valor médio de 4 homens trabalhando em todas as etapas

O tamanho das equipes, representado na **tabela 29** por ‘pessoas’, tem no total o valor médio de 3 a 4 pessoas. Valor igual para os três sistemas de cobertura, indicando que tal variação é normal e reflete uma realidade verificada no acompanhamento dos trabalhos no canteiro de obras; geralmente se tem o carpinteiro, um auxiliar de carpinteiro e dois ajudantes. A variação se dá na quantidade de auxiliar-carpinteiro e ajudantes. Tais números poderiam ser reduzidos com a introdução de mecanização. Entretanto, nos assentamentos rurais, a oferta de mão de obra não é um problema, mas principalmente, a falta de recursos financeiros, dificultando processos onerosos.

A **tabela 29** apresenta também a relação de produtividade horas/homem para a montagem dos três sistemas de cobertura em 1 casa no canteiro de obras. Desconsiderando-se o fato de que algumas etapas demandam menos homens para a sua realização e aplicando-se o tamanho de equipe a média de 4 homens, nota-se que o índice de produtividade horas/homem é bastante elevado para a cobertura convencional (258 h/homem) e pouco menos para a cobertura VLP

(229,33 h/homem), ao contrário do sistema de Painéis pré-fabricados onde a produtividade é bem reduzida (132,33 h/homem). Tais valores confirmam a superioridade do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados e demonstram a importância da incorporação da etapa do forro ainda na marcenaria. Na montagem em canteiro de obras, é a etapa que mais consome horas de trabalho nos sistemas de cobertura convencional e VLP, e, ao contrário, no sistema em Painéis pré-fabricados esta etapa nem existe no canteiro.

Em resumo, além dos ganhos com tempo de montagem em outras etapas, o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados tem seu melhor desempenho de tempo no fato de suprimir a etapa de forro do canteiro de obras, trazendo com isso ganhos não apenas de tempo, mas também, da qualidade da cobertura.

6.5. Síntese dos dados analisados no processo de pré-fabricação dos sistemas de cobertura

Realizadas todas as análises anteriores e citadas as sínteses de cada uma delas, pretende-se neste momento apresentar um quadro síntese geral que resuma as principais análises de dados coletados durante o processo de produção dos sistemas de cobertura nos assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju. Ao final dessas colocações, será realizada a introdução de princípios para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais.

No **quadro 27** estão colocadas, de maneira resumida, os dados analisados nos três sistemas de cobertura estudados e serão feitas considerações bastante pontuais, uma vez que já foram bastante explanadas durante todas as apresentações e análises anteriores.

A pré-fabricação dos componentes VLP demanda uma área coberta de maior superfície (200 m²) que a dos Painéis pré-fabricados (100 m²), devido ao processo mais complexo de confecção das primeiras, onde não só é necessária uma maior infraestrutura de máquinas e equipamentos, como o seu lay-out de produção apresenta mais caminhos e etapas. Por outro lado, devido à utilização de apenas um tipo de peça (a tábuas de *Pinus* de 3ª qualidade de 1,90 m de comprimento), o sistema de cobertura VLP necessita uma menor área para estocagem da matéria-prima (100 m²). No sistema de cobertura Painéis pré-fabricados tais relações são exatamente contrárias, havendo uma área de pré-fabricação pequena, mas sendo necessária uma área de estocagem maior (200 m²) devido à quantidade de tipos de peças da matéria-prima – tábuas de 2,0, 3,0 m, ripas, lâminas do forro e vigamento da estrutura de apoio.

Esses dados, por si sós, demonstram uma equivalência de espaços necessários; entretanto, quando colocada a questão da infraestrutura de máquinas e equipamentos, a situação se torna diferente. Para a produção das VLP, é necessária uma quantidade de máquinas maior e mais dispendiosa que para a produção dos Painéis. Embora não tenha sido o foco da pesquisa, essas máquinas consumiam muita energia elétrica e tiveram custos¹³² bem mais elevados que as duas máquinas manuais empregadas na produção dos Painéis no Sepé. Em Pirituba II, estas máquinas também foram utilizadas para a produção das esquadrias das casas.

Quadro 27 - Síntese dos dados analisados na produção dos sistemas de cobertura Convencional e VLP em Pirituba II e Painéis pré-fabricados no Sepé Tiaraju Fonte: do autor

	Convencional em Pirituba II	VLP em Pirituba II	Painéis no Sepé Tiaraju
Área para pré-fabricação ¹	Não tem	200 m ²	100 m ²
Área para estocagem ¹	Não tem	100 m ²	200 m ²
Infraestrutura de máquinas e equipamentos ¹	Não tem	Desengrossadeira de 5 hp Desempenadeira de 3 hp Serra circular de 1 hp Mesa de produção componentes	Destopadeira de 1000 W Serra circular manual 500 W Mesa de produção componentes
Eficiência MPP ²	Não tem	111 compon/casa	12 compon/casa
Distância do local produção/casas ¹	Não tem	Mínimo: 1,5 km Máximo: 10 km	Mínimo: 100 m Máximo: 3 km
Índice de consumo de madeiras ³	0,018 m ³ /m ²	0,024 m ³ /m ²	0,015 m ³ /m ²
Área coberta ³	107,35 m ²	107,35 m ²	93,06 m ²
Participação e custo madeira e telha / custo total ⁴	87,73% R\$3.749,18	79,57% R\$3.047,54	95,77% R\$3.005,02
Custo total cobertura ⁴	R\$4.273,79	R\$3.829,92	R\$3.137,75
Custo por área coberta	R\$39,81/m ²	R\$35,67/m ²	R\$33,71/m ²
Tempo produção componente/casa na marcenaria ⁵	Não tem	11 horas	8h e 6 min
Índice de produtividade na marcenaria ⁵	Não tem	55 h/homem	32,4 h/homem
Tempo montagem componentes/casa no canteiro ⁵	64h e 30 min	57h e 20 min	33h e 5 min
Índice de produtividade na montagem ⁵	258 horas/homem	229,33 horas/homem	132,33 horas/homem

Observações: 1. detalhado no item 6.1 e tabela 19

2. detalhado no item 6.3.3. e tabela 27

3. detalhado no item 6.2.1.2 e tabela 21

4. detalhado no item 6.2.1.3 e tabela 22, 23 e 24

5. detalhado no item 6.4.3 e 6.4.4. e tabela 29

Os valores em reais lançados acima estão com preços referentes a outubro de 2008

Ainda na pré-fabricação na marcenaria, a mesa utilizada para a confecção dos componentes apresenta características que a diferem e que foram discutidas no item 6.3.3. Embora não esteja sendo colocada a questão dos custos, a mesa para a produção das VLP se caracterizava por uma bancada com tampo para a confecção dos componentes e de custo menor que a MPP, que tinha projeto mais complexo e exclusivo para a confecção dos Painéis. O assunto em questão diz respeito à eficiência de ambas. Enquanto em Pirituba II a mesa produzia 111 componentes VLP para uma casa, no Sepé Tiaraju a MPP produzia 12 Painéis pré-fabricados para cada casa. Esse indicador atende uma característica muito comentada sobre 'pré-

¹³² Refere-se ao seu preço de mercado, embora as máquinas de Pirituba II tenham sido adquiridas por meio de um concurso.

fabricação' que é a 'quantidade de tipos', demonstrando a eficiência do equipamento e a mais uma evolução do processo de pré-fabricação adotado no Sepé. Tal eficiência proporcionou ainda a inclusão do componente forro durante a confecção do painel contribuindo para a qualidade do produto.

Ambas as marcenarias estavam localizadas dentro dos assentamentos. A diferença, conforme verificada no **quadro 27**, diz sobre as distâncias destas das primeiras até as últimas casas. Sendo o meio de transporte utilizado praticamente o mesmo, desconsidera-se que tais distâncias tenham sido um indicador que interferisse na pré-fabricação dos sistemas de cobertura no meio rural. Sem dúvidas alguma, existe uma distância que se torna inviável, entretanto as características dos dois casos não causaram transtornos no deslocamento dos componentes da marcenaria para as casas. O deslocamento diário das equipes de suas casas até a marcenaria poderia ser um problema, mas também não foram registradas 'queixas' sobre a questão.

Quanto aos materiais empregados, ressalta-se a importância que as madeiras e as telhas representam na composição de custos e participação do total dos materiais necessários para ambos os sistemas de cobertura. Fica claro também sobre quais materiais devem-se buscar informações quanto às características e potencialidades regionais. As participações de 87,73%, 79,57% e 95,77%, para a cobertura convencional, VLP e Painéis, respectivamente, respondem as colocações acima. A maior participação dos Painéis, frente às outras duas corresponde à inclusão do custo de tratamento no custo de aquisição das madeiras.

O emprego da madeira *Pinus spp* como principal gênero das estruturas propostas indica uma possibilidade real e o potencial que essa madeira representa para o setor da construção civil brasileira. Ainda na questão dos materiais, apresentadas no **quadro 27**, vale colocar a importância do índice de consumo de madeiras por área coberta. Tal indicador serve de parâmetro e critério definidor para a escolha de sistemas de cobertura. O parâmetro de consumo em $0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2$, citado por Damiano (2000) não é atingido por nenhuma das três coberturas. Destaque para os Painéis pré-fabricados como um sistema de cobertura mais econômico com o melhor índice de consumo de madeiras, abaixo da VLP e da cobertura convencional, ou seja: $0,015 \text{ m}^3/\text{m}^2$, contra $0,024 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e $0,018 \text{ m}^3/\text{m}^2$, respectivamente.

Nessa mesma linha de raciocínio, é colocado o indicador de custo por área construída de telhado; sempre tratando o valor da superfície do plano inclinado: $107,35 \text{ m}^2$ para VLP e convencional e $93,06 \text{ m}^2$ para a cobertura em Painéis¹³³. Considerando-se os custos expostos,

¹³³ Diferença por conta da área da varanda nos projetos 3QBD e 3QBF de Pirituba II (ver capítulo 4, item 4.1).

têm-se os valores de R\$39,81/m² para a cobertura convencional, R\$35,67/m² para as VLP e R\$33,71/m² para a cobertura em Painéis pré-fabricados. Na questão 'custos dos materiais empregados nas coberturas estudadas', resume-se que: o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados consome menos madeiras e custa menos, ambos valores por área construída, que os dois sistemas de cobertura empregados em Pirituba II.

Os dados verificados quanto ao grau de dificuldade na pré-fabricação e na montagem em canteiro indicaram valores próximos, não configurando grandes diferenças, embora este assunto já tenha sido abordado nas análises anteriores. Porém, quanto à produtividade dos sistemas demonstrados pelo indicador horas/homem para a produção de todos os componentes da cobertura de uma casa, os Painéis pré-fabricados apresentam, mais uma vez, valor superior ao dos demais sistemas. Na marcenaria do Sepé, são gastos 8 horas e 6 minutos e índice de produtividade 32,4 h/homem, enquanto, em Pirituba, as VLP de uma casa levam 11 horas para serem confeccionadas, com índice de produtividade de 55 h/homem. A cobertura convencional não tem pré-fabricação.

No canteiro, tais valores se diferenciam bastante, recebendo os Painéis o índice de produtividade de 132,33 h/homem, contra 258 h/homem da cobertura convencional e 229,33 h/homem para as VLP. Neste caso, nota-se não apenas a diferença dos Painéis sobre as demais, como a superioridade da cobertura convencional frente à VLP, quando somados os indicadores da marcenaria e canteiro: a cobertura convencional continua com os mesmos 258 h/h, as VLP 284,33 h/h e os Painéis apenas 164,74 h/h. Confirma-se a diferença que fez a colocação do forro ainda na marcenaria e como este, além de agregar qualidade ao produto, aumentou a produtividade do sistema de cobertura na montagem em canteiro.

Embora muitas das discussões acima apresentem o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados em vantagem numa comparação direta com as coberturas VLP e convencional, é importante esclarecer que os três sistemas de cobertura não participaram de nenhuma disputa. No começo das conversas entre assessoria técnica e as famílias do Assentamento Rural Sepé Tiaraju o sistema de cobertura VLP é apresentado como alternativa para as casas deste assentamento. Entretanto, as diferentes condições do contexto do Sepé direcionaram o desenvolvimento dos Painéis pré-fabricados. Neste caso, as diretrizes para os estudos propositivos dos sistemas de cobertura inovadores foram mantidas.

As discussões conclusivas sobre as coberturas continuam no próximo capítulo, numa tentativa de confirmar as hipóteses de pesquisa e, ao final, apresentar diretrizes para a continuidade dos estudos dos sistemas de cobertura, indicando também perspectivas para novas pesquisas.

CAPÍTULO 7 - Conclusões

Os resultados das verificações realizadas ao longo da pesquisa nas apresentações dos sistemas de cobertura VLP e Painéis pré-fabricados, respectivamente, nos capítulos 4 e 5 e discutidas no capítulo 6, confirmam as hipóteses demonstradas no capítulo 3. Tais hipóteses, através da melhoria da habitação, buscavam confirmar a viabilidade da produção de sistema de cobertura inovadora introduzindo os conceitos da pré-fabricação para as casas dos assentamentos rurais em questão. Para atender aos anseios das famílias, era necessário contornar as adversidades do meio rural: recursos financeiros escassos, baixa infraestrutura de serviços públicos, distância de áreas urbanas e a insuficiente qualificação profissional das famílias para lidar com as questões construtivas. Por outro lado, as famílias contavam com uma forma de organização com disposição para o trabalho em mutirão e aberta para novas possibilidades que as levassem a promover melhores condições de moradia.

Para a produção dos componentes de cobertura, o caminho encontrado foi o de organizar no próprio assentamento a pré-fabricação por meio de processos simples, com a mão de obra dos moradores e empregando materiais abundantes na região que pudessem atender os requisitos de qualidade e desempenho da moradia a custos compatíveis com a condição social das famílias. A madeira, enquanto material de construção proveniente de florestas plantadas, dos gêneros *Pinus* e *Eucaliptus*, se mostrou bastante adequada para este propósito. A assessoria técnica se ‘debruçou sobre a prancheta’ para juntar as variáveis expostas pelo contexto de cada assentamento e desenvolver ambos os projetos de sistemas de cobertura pré-fabricados.

Num processo dinâmico de trabalho, onde as alternativas de sistemas de cobertura deveriam atender a processos simplificados de produção, eram desenvolvidas, concomitantemente ao projeto, propostas de equipamentos para a produção dos componentes, denominada ao longo do trabalho como mesa de produção dos componentes. Esses equipamentos desenhados a partir dos critérios de emprego de materiais facilmente encontrados no mercado local, a custos acessíveis, de fácil manuseio, de fácil construção e baixo custo de manutenção garantiram o processo de pré-fabricação dos componentes com mão de obra local; confirmando que, com a introdução de equipamentos bem elaborados, mas que mantenham as características dos componentes numa linha de montagem, é possível e viável realizar a produção de componentes pré-fabricados que tenham qualidade e desempenho suficientes para uso habitacional.

Outro desafio colocado desde o início dos trabalhos da assessoria fora o desenvolvimento de um sistema de cobertura que pudesse ser pré-fabricado com infraestrutura básica e em condições

as mais adversas possíveis. Em Pirituba II, um 'barracão agrícola' foi adaptado para a pré-fabricação dos componentes; do mesmo modo aconteceu no Sepé Tiaraju, porém numa edificação em piores condições. Reformas e adequações de baixo custo foram empreendidas nos dois casos para dotar os espaços de condições para o processo produtivo pré-fabricado.

O emprego da madeira na produção de componentes para a cobertura dos dois assentamentos foi uma decisão consensual. Pirituba II está numa região de grande vocação florestal e, portanto, foi quase natural aplicar a madeira como principal matéria-prima da cobertura. No Sepé Tiaraju, embora sem o mesmo potencial de vocação da região de Itapeva, a madeira se mostrou também o material mais adequado e vantajoso para uso nas propostas dos sistemas de cobertura.

Questões relacionadas à sustentabilidade foram constantemente colocadas para balizar todas as escolhas durante o processo, na gestão e nos resultados (produtos). Por exemplo, quanto aos aspectos sociais, econômicos e políticos, a madeira foi escolhida pelo seu potencial de gerar trabalho e renda através de estímulos aos pequenos produtores rurais, produzindo usos os mais variados, para os ofícios agrícolas e outros benefícios diretos, e na promoção de processos com participação das famílias sem distinção de nenhuma ordem onde elas pudessem exercitar sua cidadania. Historicamente, a madeira está muito associada à vida do 'homem do campo' pela sua diversidade de usos e aplicações – ferramentas, equipamentos e construções são os usos mais comuns. Quanto aos aspectos ambientais, estes motivaram ainda mais o emprego da madeira nos sistemas de cobertura pelos seus benefícios diretos na preservação do meio ambiente – uso racional através do manejo florestal, material de origem renovável, pelo baixo consumo de energia elétrica durante seu processamento, dentre muitos outros – e na fixação do homem do campo enquanto principal gerenciador deste meio.

A organização das famílias, ou a forma como elas estavam organizadas nos dois assentamentos, foi decisiva para a produção do sistema de cobertura. A sua motivação na busca por melhorias na condição de vida, através da moradia, fez que procurassem a universidade. A assessoria técnica, por intermédio dos pesquisadores engajados com a causa social e rural, proporcionou as condições para uma organização mais efetiva, mais diretamente relacionada com a construção das casas. As famílias participaram da discussão do projeto das casas, de seus sistemas construtivos e das compras; receberam os materiais; trabalharam no canteiro de obras, na pré-fabricação dos componentes de cobertura e de tantos outros processos.

Contudo, observa-se a necessidade de um maior esclarecimento no processo de sua participação na construção de suas casas. Esclarecimentos relacionados às responsabilidades

assumidas, ao papel de cada ator no processo. A assessoria técnica tem a responsabilidade de prover as condições necessárias para aprimorar este processo e levá-lo a campo.

Esta pesquisa traz contribuições para a melhoria das condições de moradia no meio rural, apresentando e explanando o processo de produção do sistema de cobertura não convencional, por meio da pré-fabricação dos componentes, a qual agrega qualidade e desempenho ao produto, com o emprego de materiais sustentáveis, sobre todos os aspectos.

Portanto, neste capítulo serão discutidas as hipóteses de pesquisa e suas perspectivas futuras. Primeiramente, foi colocado como hipótese principal que o processo de pré-fabricação de sistema de cobertura em mutirão utilizando madeira de plantios florestais viabiliza projetos de produção habitacional em assentamentos rurais com recursos reduzidos proporcionando ganhos de qualidade a baixo custo.

A pré-fabricação empreendida, tanto em Pirituba II, como no Sepé Tiaraju, baseou-se nos princípios deste processo, conforme apresentação no capítulo 2. O principal desafio colocado para a assessoria resolver foi a manutenção desses princípios nas condições precárias dos dois assentamentos. Pirituba II veio em primeiro lugar, apesar de contar com uma edificação já consolidada; foi necessário um projeto para dotá-lo de condições para entrar em operação, para a produção de componentes para a habitação (cobertura). No Sepé Tiaraju, apesar da assessoria técnica contar com a experiência de Pirituba, foram maiores os desafios, pois a infraestrutura era quase inexistente. Mas, contando de fato com a experiência anterior, o projeto dos Painéis pré-fabricados demandou menor aporte de recursos financeiros para equipar o barracão da 'escolinha' do Sepé em todos os sentidos – edificação, máquinas, equipamentos e ferramentas.

Nos dois assentamentos, a organização das famílias para o processo de trabalho em mutirão foi decisiva para viabilizar a pré-fabricação dos sistemas de cobertura em local próximo à construção das casas. Porém, embora já relatado anteriormente, nesta mesma organização reside um dos gargalos do processo de produção de moradias em mutirão, qual seja, o gerenciamento dos conflitos internos surgidos antes e durante o processo de construção.

O emprego de madeiras, provenientes de florestas plantadas, se mostrou viável nos dois assentamentos. Em ambos os casos, as famílias não tiveram problemas em trabalhar com o material. Os custos de produção ficaram dentro do orçamento previsto, os equipamentos para o processamento foram de fácil compreensão e a operacionalidade também.

Algumas questões para pesquisas futuras surgiram no desenvolver do processo, entre elas, busca de tratamentos e preservativos de madeiras, para madeiras, principalmente as do gênero *Pinus*, para aumentar o desempenho em relação ao ataque de insetos e fungos e no controle de incêndios. Outras pesquisas que indiquem caminhos para um melhor emprego e desempenho nas questões estruturais com madeiras de *Pinus*, também são áreas que merecem ser trabalhadas. Essa madeira é muito discriminada quando se trata de aplicá-la em sistemas estruturais. É necessário demonstrar seu potencial na proposição de edificações e evidenciar a sua viabilidade estrutural, mesmo para arquiteturas de grande porte, a exemplo do que já acontece em vários países.

Os custos com a implantação do processo de pré-fabricação foram bastante reduzidos e simplificados, dada a baixa capacidade de as famílias dos dois assentamentos arcarem com essas despesas. Apesar de esta afirmação ser verdadeira, o processo em si deveria permitir a redução de custos com os materiais e com a mão de obra. As análises verificadas no capítulo 6 confirmam esta hipótese e indicam que os Painéis pré-fabricados apresentam maiores reduções de custos em relação aos sistemas de cobertura convencional e VLP. As principais variáveis levantadas foram: custo e quantidade das madeiras adquiridas, tempo de produção e quantidade de pessoas nas etapas de produção. A partir delas e junto com dados do projeto (áreas construídas), chegou-se a importantes indicadores como índice de consumo de madeira por área construída, produtividade horas/homem por componentes/casa e custo por área construída.

Em todas elas, o sistema de cobertura Painéis pré-fabricados obteve índices com melhor desempenho na comparação com os outros dois sistemas. Na ordem índice de consumo de madeiras por área construída, produtividade horas/homem na marcenaria, produtividade horas/homem no canteiro e custo por área construída, foram os seguintes valores para os Painéis: 0,015 m³/m², 32,4 h/homem, 132,33 h/homem e R\$33,71. As coberturas VLP e convencional receberam, na mesma ordem de indicadores, os seguintes valores: 0,018 m³/m² e 0,024 m³/m²; 55 h/homem e s/ indicador; 258 h/homem e 229,33 h/homem; e, R\$35,67/m² e R\$39,81/m².

Na forma de organização das famílias, trabalhando em mutirão, o custo da mão de obra não foi considerado em termos financeiros, entretanto sabe-se que a valoração deste é uma questão complexa que merece um estudo com este recorte, investigando quais os custos reais do esforço deste processo de mutirão. Da mesma maneira, aconteceu com a questão do transporte, quando as famílias coletivamente deslocaram pelos próprios meios (força de trabalho em mutirão e condução) os componentes pré-fabricados da marcenaria para seus lotes.

No princípio do processo de pré-fabricação os custos são maiores, mesmo por que, no sistema convencional, não existe a pré-fabricação. Tais custos iniciais são diluídos ao longo do processo de montagem em canteiro de obras, que é a base de comparação com o sistema convencional. Bastando colocar que na montagem da marcenaria de Pirituba foram adquiridas as seguintes máquinas: destopadeira, desempenadeira e serra circular, todas de bancada. No Sepé, num custo bem inferior, foram adquiridas a destopadeira e a serra circular, ambas manuais e portáteis.

A mesa de produção dos componentes, VLP em Pirituba II e a MPP no Sepé, contribuiu também para a redução de custos nos tempos de confecção na marcenaria e durante a montagem no canteiro de obras, além de ganhos na qualidade final do componente.

Ambos os sistemas pré-fabricados apresentaram várias qualidades, porém, nem todas as casas de Pirituba II empregaram o forro. Assim, os ganhos de qualidade com a pré-fabricação podem ser listados como a seguir:

- O forro proporcionou estanqueidade da cobertura evitando a entrada de resíduos (poeiras, etc) e no conforto térmico (Painéis e VLP – quando empregado);
- O forro permitiu um nível de acabamento interno e externo oferecendo ganho estético à residência (Painéis e VLP – quando empregado);
- O forro permitiu proteção externa aos beirais da cobertura evitando o arrancamento das telhas em caso de fortes rajadas (Painéis e VLP – quando empregado);
- A adoção do forro inclinado propiciou ganho de maior espaço (volumétrico) interno, contribuindo também com o conforto térmico (Painéis e VLP – quando empregado);
- Os beirais de 90 cm em todas as bordas oferecem maior proteção à construção e às paredes contra as intempéries (Painéis); e
- O tratamento contra cupins e fungos com impregnação em autoclave garante uma proteção superior à 20 anos, conforme indicação do próprio fornecedor (Painéis).

Nas verificações de graus de dificuldades durante a montagem dos sistemas de cobertura realizadas nas etapas de canteiro de obras, os dados dos dois sistemas de cobertura – VLP e Painéis pré-fabricados – são comparados com os dados do sistema de cobertura convencional, empregado em 6 casas de Pirituba II. A cobertura convencional se mostrou um sistema carregado de improvisações e de vícios pelo uso sem critérios. tais colocações são mais perceptíveis quando o proprietário, buscando economia com os materiais, força a adoção de princípios construtivos pouco recomendáveis. Observam-se o subdimensionamento das peças,

posicionando-as em vãos exagerados, pouco rigor com a qualidade das peças e dos serviços, aumentados também pela desqualificação profissional.

Porém, outras análises foram identificadas durante a confecção em marcenaria e na montagem no canteiro de obras. Elas eram visuais e comparativas entre as propostas de sistemas de cobertura em andamento e na experiência acumulada com acompanhamento de obras deste mesmo porte, em contextos semelhantes, pela assessoria. Ainda foi dada atenção à percepção das famílias quanto à qualidade do sistema de cobertura que estava sendo empregado em sua casa. Tanto em Pirituba II com a cobertura VLP, como no Sepé com os Painéis pré-fabricados, foi notório o grau de satisfação da maioria das famílias com o resultado final do sistema de cobertura.

O forro agregou qualidade ao sistema de cobertura em Painéis pré-fabricado, diferenciando-o das VLP e da cobertura convencional. Porém, cabe ser colocado que, como nos resultados expostos neste trabalho, a maioria das casas de Pirituba não empregou o forro, à época da construção das casas, e nem por isso se sentiram menos felizes com o resultado da cobertura. Alguns anos depois, muitas dessas casas já conseguiram instalar o forro, bem como realizaram outras melhorias em suas casas.

As principais adversidades do meio rural, comum nos assentamentos de Pirituba II e Sepé Tiaraju, foram: a distância natural entre o meio rural e o urbano; a baixa qualificação da população para as atividades relacionadas com a construção de suas casas; a baixa capacidade de poupança e renda para financiar a construção de suas casas; e o baixo nível de infraestrutura de serviços públicos instalados. Apesar destas dificuldades, citam-se algumas qualidades de ambos os assentamentos: acesso facilitado por rodovias asfaltadas, rede de energia elétrica em frente aos lotes residenciais e rede de comunicação móvel (mesmo que em muitos casos o sinal era de média a baixa intensidade). Outra qualidade, já citada, foi o grau de organização das famílias. As famílias dos dois assentamentos procuraram a assessoria técnica da universidade; estavam com predisposição para o trabalho em grupo, por processo participativo.

Identificadas estas adversidades e os aspectos positivos dos assentamentos, a assessoria técnica propõe a adoção do processo de pré-fabricação dos componentes do sistema de cobertura como alternativa para contornar todas as dificuldades expostas. A pré-fabricação dos componentes permitiria a entrega de uma grande quantidade da matéria-prima no local da marcenaria para a produção dos componentes, reduzindo despesas com o transporte individualizado em cada lote, atenuando o problema da distância entre a cidade e o campo, e o armazenamento adequado.

A assessoria técnica organizou junto com as famílias dos assentamentos a capacitação de membros para a produção dos componentes pré-fabricados. Essa capacitação era dada por técnicos com experiência na área e proferida no próprio local de produção, seja na marcenaria, seja no canteiro de obras. As famílias estavam motivadas para trabalhar em mutirão.

O processo de pré-fabricação proporcionou redução dos custos de produção, adequando-se à baixa capacidade de renda e poupança das famílias. A assessoria técnica organizou, junto com as famílias, as condições para o acesso ao financiamento habitacional nas agências governamentais. Mais uma vez, a forma como as famílias estavam organizadas contribuiu para a conquista de mais um passo no processo de construção das moradias: o acesso ao financiamento com recursos públicos para a aquisição dos materiais, apesar do recurso aprovado para aquisição de materiais de construção não atender, de maneira satisfatória, às necessidades da maioria dos assentados.

Por fim, o processo de pré-fabricação dos componentes dos sistemas de cobertura permitiu contornar os problemas com o baixo nível de infraestrutura edificada e de serviços públicos. A pré-fabricação, na forma como foi apresentada nos capítulos 4 e 5 (respectivamente, VLP e Painéis pré-fabricados), permitiu adequar-se às precárias condições de ambos os assentamentos. Em Pirituba, essa adequação permitiu a produção de outros componentes para as casas, como esquadrias para as portas e janelas, além dos componentes da cobertura. A marcenaria de Pirituba II, atualmente, está em sendo incubada, em processo de consolidação como um empreendimento popular coletivo e autogestionário. A marcenaria do Sepé Tiaraju teve que contornar maiores adversidades e teve suas instalações utilizadas apenas para produção dos componentes da cobertura. O barracão da 'escolinha' se encontrava em péssimas condições, tendo sido recuperado para atender condições mínimas para a produção dos Painéis pré-fabricados e para a guarda dos poucos equipamentos (a MPP e uma bancada para a destopadeira) e das lâminas do forro. Este contexto do Assentamento Rural Sepé Tiaraju apresenta características comuns aos novos assentamentos rurais e permitiu verificar que a área coberta pode ser bem reduzida, sendo mais importante a instalação de energia elétrica no local.

De um modo geral, chega-se à conclusão que ambos os inovadores sistemas de cobertura foram viáveis. O sucesso dos dois sistemas de cobertura, a VLP em Pirituba II e os Painéis pré-fabricados no Sepé Tiaraju, se tornou possível pela reunião de vários fatores e nas relações que estes fatores tiveram entre si, que foram:

1. O potencial de disponibilidade de materiais da região com preços acessíveis;

2. O desenvolvimento de um projeto exequível, de qualidade técnica, dentro do orçamento, levando-se em conta todas as dificuldades e fragilidades do processo de pré-fabricação na marcenaria e de fácil montagem no canteiro;
3. Os resultados positivos dos ensaios em laboratório quanto à resistência do componente e seu atendimento às normas;
4. A adequação de um local de produção (marcenaria) dentro do próprio assentamento;
5. As famílias organizadas e dispostas a aplicar a técnica construtiva proposta pela assessoria, desde a etapa de produção do componente até a montagem da cobertura;
6. A conquista de recursos financiados e subsidiados por banco público para as famílias adquirirem os materiais de construção; e
7. A participação efetiva da assessoria técnico-científica da universidade em todas as fases do processo de produção dos sistemas de cobertura.

7.1. Diretrizes para a pré-fabricação de sistemas de cobertura em assentamentos rurais – novos estudos

Como forma de oferecer contribuições para novos estudos que tenham como objetivo propor melhorias na produção habitacional no meio rural com intenção de empregar o processo de pré-fabricação, sendo o sistema de cobertura uma destas partes, a seguir serão colocados algumas diretrizes que indicarão este caminho. Estas diretrizes nada mais são que princípios e foram baseadas nas experiências práticas realizadas nos dois assentamentos rurais e sugerem que as 'equipes de trabalho' deverão considerar o seguinte:

1. Trabalhar com comunidades que estejam organizadas (ou facilidade para tal), dispostas ao trabalho em mutirão e em processo participativo, e em parceria com assessoria técnica, para:
 - planejar e organizar o processo de participação estabelecendo funções de cada ator;
 - planejar e organizar a adequação e/ou reforma de edificação, ou de um local, para a produção pré-fabricada (levantamento da infraestrutura e sua localização);
 - planejar e organizar a aquisição de máquinas, equipamentos e ferramentas para o local da pré-fabricação, além de dotação de infraestrutura de serviços básicos;
 - capacitar grupos com perspectiva de continuidade na gestão das atividades do local de pré-fabricação; e,
 - capacitar membros da comunidade para trabalho no processo de pré-fabricação;

2. Envolver profissionais com experiência nas áreas relacionadas (meio rural, habitação de baixo custo, materiais, sistemas construtivos e estruturais, processos participativos, cadeia produtiva, etc) e com processos de pré-fabricação na construção;
3. Pesquisar na região do assentamento, o potencial de disponibilidade dos materiais aplicáveis em sistemas de cobertura, dando ênfase àqueles de maior uso, como os estruturais e os de revestimentos; por exemplo: madeiras e telhas;
4. Adotar critérios de sustentabilidade, com foco nos aspectos ambientais, culturais, econômicos, sociais e políticos, na gestão dos trabalhos, nos processos adotados e nos resultados (produtos);
5. Aplicar critérios sugeridos por normas técnicas, oferecendo propostas que visam o desempenho e qualidade dos produtos relacionados com a construção; e
6. Dominar o conhecimento dos materiais com potencial de aplicação; no caso de emprego da madeira, conhecer as espécies e suas características físico-mecânicas, exemplos de sistemas construtivos que a empregam, buscando um melhor aproveitamento do desempenho destes.

A pré-fabricação dos componentes de cobertura utilizando madeira de florestas plantadas foi uma solução adotada pela assessoria técnica que possibilitou a execução das casas no processo de mutirão, dentro dos recursos aportados via financiamento, que, se fosse pelo sistema convencional de construção individualizada não teria alcançado este resultado de uma casa com maior área coberta, com qualidade de acabamento e atendendo as necessidades do meio rural.

São várias as questões de pesquisa que se abrem a partir destes dois casos. Na tentativa de abrir um leque, podem ser citadas:

1. Controle de qualidade apropriada nas etapas de produção na marcenaria e no canteiro;
2. Avaliação e monitoramento do comportamento das coberturas em serviço;
3. Racionalização da marcenaria e canteiro na pré-fabricação de sistemas construtivos em madeira, na perspectiva de grandes demandas;
4. Estudos de alternativas de processo de pré-fabricação;
5. Estudos sobre o potencial mercado e novos usos para as madeiras de florestas plantadas na construção civil;
6. Tratamento preservativo de menor impacto da madeira de florestas plantadas; e
7. Organização de empreendimentos solidários em torno das pré-fabricações de componentes para cobertura.

Referências¹³⁴

ARAKAKI, E. M.; BARATA, T. B. F.; INO, A. Sistema construtivo em madeira de rejeito comercial de serrarias para habitações de interesse social. In: Encontro Nacional de Tecnologias do Ambiente Construído, 6., 1995. Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: ENTAC, 1995. p. 491-496.

_____. **Avaliação da durabilidade em sistema construtivo pré-fabricado com madeira de rejeito comercial.** 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

ARRUDA, M. P. **Diretrizes para projetos arquitetônicos de habitação social em *Pinus* produzidos por mutirão.** 2000. 250 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. **Estudo setorial 2008:** ano base 2007. Curitiba: ABIMCI, 2008. 56 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190:** Estruturas em madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107 p.

_____. **NBR8039** – Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa. Rio de Janeiro: ABNT, 1983. -- p.

_____. **NBR9487** – Classificação de madeiras serradas de folhosas. Rio de Janeiro: ABNT, 19--. -- p.

_____. **NBR11700** – Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamentos para uso geral – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 19--. -- p.

_____. **NBR12498** - Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamentos para uso geral – dimensões e lotes. Rio de Janeiro: ABNT, 19--. -- p.

_____. **NBR 6023:** Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 24 p.

_____. **NBR 15575-1:** Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 52 p.

_____. **NBR 15575-5:** Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 54 p.

Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF:** 2010 ano base 2009. Brasília: ABRAF, 2010. 140 p.

¹³⁴ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023/2002

BARALDI, L. T. e CALIL JUNIOR, C. Critérios de dimensionamento para treliças executadas em chapas com dentes estampados. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 6., 1998. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: EBRAMEM, 1998. 1 CD-ROM.

BARBOSA, M. J. et al. Aperfeiçoamento e desenvolvimento de novos métodos de avaliação de desempenho para subsidiar a elaboração e revisão de normas técnicas. In: ROMAM, H. BONIN, L. C. **Normalização e certificação na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. cap. 8. p.134-173. (Coletânea Habitare, vol. 3).

BARROS JR, O.; HELLMEISTER, J. C. Industrialização de estruturas de madeiras para coberturas. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 3., 1989. São Carlos. **Anais ...** São Carlos: EBRAMEM, 1989. v.4. p.131-146.

_____. **Algumas considerações sobre a pré-fabricação de estruturas de madeira para coberturas**. 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

_____. ; LAHR, F. A. R. Considerações sobre a utilização de madeiras na construção de estruturas de cobertura para conjuntos habitacionais. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 4., 1992. São Carlos. **Anais ...** São Carlos: EBRAMEM, 1992. v. 5. p. 79-84.

BATALHA M. O. **Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas**. In: BATALHA M. O. (Coord.) **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 1997. v. 1, p.23-48.

BITTENCOURT, R. M. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. 1995. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995.

BONIN, L. C. (Ed.); AMORIM, S. R. L. (Ed.) de. **Inovação tecnológica na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. 232 p. (Coletânea Habitare, vol. 6)

BORTOLETTO JUNIOR, G. **Implicações para a utilização da madeira de seis espécies e variedades de *Pinus* aplicadas na construção civil**. 1993. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.

BRASIL. **Déficit habitacional no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades/SNH: Fundação João Pinheiro, 2009. 129 p.

BREUER, H. Estruturas pré-fabricadas de madeira. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 1., 1983. São Carlos. **Anais ...** São Carlos: EBRAMEM, 1983. v.1.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. 2ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2002.

CALIL JR., C. **Treliças de madeira para cobertura**. Notas de aula. São Carlos: EESC/USP, 1994. 79 p.

_____. ; DIAS, Antônio A. Utilização de madeiras em construções rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v. 1. p. 71-77. 1997.

_____; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais em madeira**. Barueri: Manole, 2003. 152 p.

_____; LAHR, F. A. R.; BRAZOLIN, S. Madeiras na Construção Civil. In: In: **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. cap. 34. v. 2.

CAMARGO, A. R. **Industrialização da construção no Brasil**: elementos teórico-metodológicos para o planejamento da construção do espaço através de inovações tecno-produtivas. 1975. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São paulo, 1975.

CARDOSO, F. F. **Cobertura em telhados**. Notas de aula. PCC 436 – Tecnologia da construção de edifícios II. São Paulo: EP/Departamento de Engenharia de Construção Civil/USP, 2000. 31 p.

DAMIANO, A. G. R.; SALES, A. Racionalização de estruturas de cobertura para habitação de interesse social utilizando madeira de reflorestamento. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 9., 2004. Cuiabá. **Anais ...** Cuiabá: EBRAMEM, 2004. 1 CD-ROM.

DIAS, G. L.; SZÜCS, C. A. Estudo da industrialização das habitações em madeira. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 10., 2006. São Pedro, SP. **Anais ...** São Pedro: EBRAMEM, 2006. 1 CD-ROM.

EGAS, L. **Análise pluridimensional da sustentabilidade do ciclo de vida de um sistema estrutura de cobertura em madeira de *Pinus spp.*** Estudo de caso: Assentamento Rural Pirituba II. 2007. 234 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

ESPÍNDOLA, L. R.; MORAES, P. D. Sistemas abertos em madeira como propostas para habitações de interesse social. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 11., 2008. Londrina. **Anais ...** Londrina: EBRAMEM, 2008. 1 CD-ROM.

FEIRER, J. et al. **Carpentry and building construction**. 4th ed. New York: Glencoe/McGraw-Hill, 1993.

FORMOSO, C. T.; INO, A. (Editores) **Inovação, gestão da qualidade & produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. (Coletânea Habitare. vol. 2). 488 p.

GAVA, M.; INO, A. Produção de componentes para habitação social utilizando madeira de rejeito comercial. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 9., 2004. Cuiabá. **Anais ...** Cuiabá: EBRAMEM, 2004. 1 CD-ROM.

_____. **Viabilidade técnica e econômica da produção de componentes construtivos para habitação social utilizando madeira serrada de *Pinus* de terceira classe de qualidade**. 2005. 271 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

GESUALDO, F. A. R. **Estruturas de madeira**. Notas de aula. Uberlândia: FECIV/UFU, maio 2003. 98 p.

GONÇALVES, O. M. et al. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: **Normalização e certificação na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. cap 3. p.42-3. (Coletânea Habitar. vol. 3).

GÖTZ, K.-H. Ossature en bois. In: _____ et al. **Construire em bois**: choisir, concevoir, réaliser. Réimpression. Lausanne: PPUR, 1995. 175-235 p.

GUEDES, A. K. R.; QUELHAS, O. L. G. Racionalização: conceitos e experiências na construção civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7., 1998. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: ENTAC, 1998.

HABIS – Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade. **Relatório parcial Fase II**: Habitação social em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para múltiplos usos da floresta. São Carlos: EESC/USP, UFSCar, UNESP-Bauru, ESALQ/USP, 2002. 127 p.

_____. **Relatório 2 Fase II**: Habitação social em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para múltiplos usos da floresta. São Carlos: EESC/USP, UFSCar, UNESP-Bauru, ESALQ/USP, 2004a. 121 p.

_____. **Relatório trimestral 1**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2004b. 09 p.

_____. **Relatório trimestral 2**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2004c. 28 p.

_____. **Relatório trimestral 3**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2004d. 49 p.

_____. **Relatório final Fase II**: Habitação social em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para múltiplos usos da floresta. São Carlos: EESC/USP e UFSCar, 2004e. 296 p.

_____. **Relatório trimestral 4**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2005a. 44 p.

_____. **Relatório trimestral 5**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2005b. 74 p.

_____. **Relatório trimestral 6**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2005c. 50 p.

_____. **Relatório trimestral 7**: Projeto de pesquisa “Construindo habitação rural, com recursos locais e renováveis, e ampliando as oportunidades de trabalho e renda”: Assentamento Fazenda Pirituba (Itapeva – SP). São Carlos: Grupo Habis, Usina e Incoop, 2005d. 85 p.

HERZOG, T.; VÖLTZ, M. Connaissances de base: le materiau. In: NATTERER, J. et al. **Construire en bois 2**. 2^{ème} edition augmentée. Lausanne: PPUR, 1998. chap. 2. p. 34-66.

_____ et al. **Timber construction manual**. Munique: Birkhäuser, 2004. 375 p.

HOOR, D. Construction avec panneaux. In: GÖTZ K.-H. et al. **Construire em bois**: choisir, concevoir, réaliser. Réimpression. Lausanne: PPUR, 1995. p. 236-283.

HUBERMANN, L. **História da riqueza do homem**. 21 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1986.

INO, A. **Sistema estrutural modular em eucalipto roliço para habitação**. 1991. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1992.

_____ ; SHIMBO, I.; DELLA NOCE, L. G. Produção de casas de madeira: controle de qualidade na cadeia produtiva. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 6., 1998. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: ANTAC, 1998a.

_____ ; SHIMBO, I. Diretrizes e infraestruturas para a implantação de conjuntos habitacionais de interesse social, utilizando madeira de rejeito comercial. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7., 1998. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: ENTAC, 1998b. v. 1, p.185-194.

_____ ; FORMOSO, C. T. **Inovação, gestão da qualidade & produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. 488 p. (Coletânea Habitare, v. 2).

_____ ; LAVERDE, A.; LAHR, F. A. R. Madeira para Acabamentos. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil** e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. cap. 36, v.2. p. 1205-1230.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE: MPOG, 2008. vol. 23. 47 p. Disponível em: <http: www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#economia>. Acesso em: 08 out. 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Formulação de critérios para avaliação de desempenho de habitações**. São Paulo: IPT, Divisão de Edificação, 1986. (relatório técnico n. 16.277/1986).

_____ . **Tecnologia da edificação**. São Paulo: Pini: IPT - Divisão de Edificações, 1988. 708 p.

_____ . **Critérios mínimos para avaliação de desempenho de habitações térrea de interesse social**. São Paulo: IPT, Divisão de Engenharia Civil, 1998. (Texto para discussão - PBQPH).

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Assentamento Sepé Tiaraju**: Vida saudável e desenvolvimento sustentável. Projeto de desenvolvimento sustentável. Ribeirão Preto: INCRA, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **ISO 6241**. Performance standarts in buildings: principles of preparation and factors to be considered. First Edition. Zurique: ISO, 1984.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA - JUNAC. **Manual de diseño para maderas del Grupo Andino**. Lima: Junta del Acuerdo de Cartagena, 1984.

KRONKA, F. J. N et al. **Inventário florestal das áreas reflorestadas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado de Meio Ambiente/Instituto Florestal, 2002. 184 p.

_____; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: SBS, 2005. 160 p.

LAVERDE, A. **Processo produtivo de esquadrias em madeira de eucalipto na Marcenaria Coletiva do Assentamento Rural Pirituba II**. Itapeva – SP. 283 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

LIMA, G. L. **Tecnologia de construção em madeira de reflorestamento de *Pinus spp* para habitação de interesse social**. 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1990. 2 v.

MAINIERI, C.; CHIMELLO, J. P. **Fichas de características das madeiras Brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989.

MARTUCCI, R. **Projeto tecnológico para edificações: utopia ou desafio?** 1990. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1990.

_____; FABRICIO, M. M. Produção flexível e construções habitacionais. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7., 1998. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: ENTAC, 1998.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas: como explorar boas ideias com orçamento limitado**. Porto Alegre: Sagra Luzatto, 1998. 180 p.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1994.

MELINGHENDER, M. Os desperdícios da construção civil. In: Encontro Nacional da Construção, 3., 1976. Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: EXPO-ENCO, 1976. vol. 2.

MELO, J. E.; VALLE, I. M. R.; MELLO, R. L.; SOUZA, M. R. **Habitação popular em madeira**. Brasília: LPF/IBAMA, 2002. 100 p.

MIRANDA, A. R.; CZAIJKOWSKI, J. Aspectos de uma arquitetura rural no século XIX. In: **Fazendas: solares da região cafeeira do Brasil imperial**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987. 195 p.

MITIDIERI FILHO, C. V.; SOUZA, R. Avaliação de desempenho de sistemas construtivos destinados à habitação popular. “avaliação prática (1ª e 2ª partes). In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini: IPT, Divisão de Edificações, 1988. p. 143-152.

_____. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados às habitações:** proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998.

MOLITERNO, A. **Cadernos de projetos de telhados em estruturas de madeira.** 2ª ed. amp. 6ª reimpressão. 2006. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 461 P.

MUÑIZ, G. I. B. e PALMA, H. A. L. Variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus elliottii*. In: Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de madeira, 6., Florianópolis, 1998. **Anais ...** Florianópolis: EBRAMEM, 1998. v. 3. p. 215-228.

NATTERER, J. Structure de halls et de toitures. In: GÖTZ, K.-H. et al. **Construire en bois:** choisir, concevoir, réaliser. Réimpression. Lausanne: PPUR, 1995. 77-174 p.

_____. Connaissances de base: structures. In: _____ et al. **Construire en bois 2.** 2^{ème} édition augmentée. Lausanne: PPUR, 1998. chap. 3. 67-137 p.

_____; SANDOZ, J.-L.; REY, M. **Construction en bois.** Matériau, technologie et dimensionnement. Lausanne: PPUR, 2000. 472 p.

_____. Timber engineering. In: HERZOG, T. et al. **Timber construction manual.** Munique: Birkhäuser, 2004. part 4. 76-139.

_____. A way to sustainable architecture by new technologies for engineered timber structures. In: Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural, 32., 2006. Campinas. **Anais ...** Campinas: 2006. 1 CD-ROM.

PERES, R. B. **Habitação rural:** discussão e diretrizes para políticas públicas, planejamento e programas habitacionais rurais. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

_____ et al. A moradia em assentamentos rurais: proposição de diretrizes para uma perspectiva mais sustentável. In: Encontro Nacional e Latino Americano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 1., 2001. Canela, RS. **Anais ...** Canela, RS: ELECS. 2001.

PINHEIRO, R. V.; LAHR, F. A. R. Racionalização e avaliação do consumo de madeira em estruturas de cobertura, quanto ao nível tecnológico. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 6., 1998. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: EBRAMEM, 1998.

_____. **Emprego da madeira de *Pinus* na construção de estruturas de cobertura.** [199-]. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, [199-]

PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, 1995. Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: ESALQ-USP, 1995. p. 50-58.

_____. **O potencial da madeira de florestas de eucalipto para a construção de edificações.** 1997. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1997.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. Tese (Doutorado em Engenharia civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989.

_____ et al. **Construção em telhados.** Apostila de aula – PCC-2436. Aula 26. Tecnologia da construção de edifícios II. São Paulo: EP/Departamento de Engenharia de Construção Civil/USP, nov. 2003. 10 p.

SALES, J. J. et al. **Sistemas estruturais:** teorias e exemplos. São Carlos: SET/EESC/USP, 2005. 266 p.

SÁNCHEZ, J. E. P. **Carpinteria II:** Techos, suelos y paredes de madera. Madrid: Aitim, 2005. 702 p.

SHIMBO, I.; INO, A. A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para a produção de habitação social. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 6., 1998. São Carlos. **Anais ...** São Carlos: EBRAMEM, 1998. v.4. p.227-236.

SHIMBO, L. Z. **A casa é o pivô:** questões, conflitos e potencialidades do diálogo entre arquitetos e moradores em projeto de habitação rural. Estudo de caso: Assentamento Rural Fazenda Pirituba. (Itapeva-SP). 2004. 205 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

SHIMIZU, J. Y. *Pinus* na silvicultura brasileira. In: **Revista da Madeira**, Curitiba: Lettech, n. 99, p 04-12, 2006.

SILVA, F. M. G. **Análise da sustentabilidade no processo de produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico. Caso: Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva – SP.** 2007. 191 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

SILVA, M. R. **Limites do processo de formulação de propostas de diretrizes para políticas públicas de habitação social com desenvolvimento local. Caso: Itararé (SP) e região.** 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SOUZA, R. Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação. In: **Tecnologia de edificações.** São Paulo: Pini: IPT, Divisão de Edificações, 1988. p. 529-532.

_____ ; MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliação de desempenho de sistemas construtivos destinados à habitação popular. Conceituação e metodologia. In: **Tecnologia de Edificações.** São Paulo: Pini: IPT, Divisão de Edificações, 1988. p. 139-142.

_____. Qualidade, modernidade e desenvolvimento: diretrizes para atualização tecnológica da indústria da construção civil. In: Simpósio Nacional Sobre Garantias da Qualidade das Estruturas de Concreto, 1990. São Paulo. **Anais ...** São Paulo: 1990. p.131-149.

STAMATO, G. C. et al. Cuidados com a utilização de coníferas nas estruturas de madeira. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 10., 2006. São Pedro, SP. **Anais ...** São Pedro, SP: EBRAMEM, 2006. 1 CD-ROM.

SZÜCS, C. P. Usando o *Pinus*: uma questão de desenho. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 4., 1992. São Carlos. **Anais ...** São Carlos: EBRAMEM, 1992. v.2, p.177-185.

_____. VELLOSO, J. G.; KRAMBECK, T. I. Racionalização da construção de sistema leve em madeira de floresta plantada, voltada para habitação de interesse social. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 9., 2004. Cuiabá. **Anais ...** Cuiabá: EBRAMEM, 2004. 1 CD-ROM.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1986.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. Sistema Integrado de Bibliotecas. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP**: documento eletrônico e impresso Parte I (ABNT).; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro (coord.) et al. 2ª ed. ver. ampl. São Paulo: SIBi/USP, 2009. 102 p.

VALLE, I. M. R.; GARCIA, J. N. Vigas laminadas pregadas como componentes estruturais de cobertura. In: Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies and the Eco-Construction and Infrastructure, 9., 2005. Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: IAC-NOCMAT, 2005. 1 CD-ROM.

_____; INO, A.; SHIMBO, I. O Sistema de cobertura Painéis pré-fabricados de madeira. Estudo de Caso: 77 moradias no Assentamento Rural Sepé Tiaraju. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 11., 2008. Londrina. **Anais ...** Londrina: EBRAMEM, 2008a. 1 CD-ROM.

_____; INO, A.; SHIMBO, I. O sistema de cobertura VLP – vigas laminadas pregadas. Estudo de Caso: 35 moradias no Assentamento Rural Pirituba II, Itapeva – SP. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 11., 2008. Londrina. **Anais ...** Londrina: EBRAMEM, 2008b. 1 CD-ROM.

_____; INO, A.; SHIMBO, I.; GAETANI, M. Análise da viabilidade do sistema de cobertura Painéis pré-fabricados de madeira: custo e produtividade. Estudo de caso do Assentamento Rural Sepé Tiaraju, Serra Azul – SP. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12., 2008. Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: ENTAC, 2008c. 1 CD-ROM.

VOINSON, P.; CASTAGNÉ, M. **La filière bois-batiment du sud Brésil**. Nancy: Presses Universitaires de Nancy, 1988. 136 p.

WINTER, Wolfgang. Basis of planning – prefabrication et erection. In: HERZOG, T. et al. **Timber construction manual**. Munique: Birkhäuser, 2004. part 3. p. 74-75.

YIN, R. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YUBA, Andréia N. **Cadeia produtiva de madeira serrada de eucalipto para produção sustentável de habitações**. 2001. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

_____. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes de construção em madeira de plantios florestais**. 2004. 230 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

ZANI, A. C. **Arquitetura em madeira**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003.

_____. **Repertório arquitetônico das casas de madeira de Londrina**. Londrina: Antônio Carlos Zani, 2005. 194 p.

ZENHA, R. M. **Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1998. (Publicação IPT n. 2515)

APÊNDICE 1

Ensaio de corpos de prova de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade

Outubro de 2004

Ensaio de Viga Laminada Pregada da espécie *Pinus* para a determinação do Módulo de Elasticidade – Resumo Final

Prof. Dr. José Nivaldo Garcia

Marco Aurélio Melotto – mestrando

Ensaio realizado nas dependências do laboratório da Engenharia da Madeira da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP

Equação para determinação do Módulo de Elasticidade

$$E = \frac{L^3 \cdot CA}{4 \cdot b \cdot h^3}$$

Variáveis

Ensaio com prego liso 17x21

Tratamento 1

Viga de forro 3 tábuas com distância de 15 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V1	4,969	10,229	263,5	76,154	65495
V2	5,148	10,115	263,5	68,377	58702

Tratamento 2

Viga de forro 3 tábuas com distância de 30 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V3	5,133	10,612	263,5	47,095	35115
V4	5,223	10,431	263,5	64,313	49528

Ensaio com prego espiralado (varredura) (25x45)

Tratamento 3

Viga de forro 3 tábuas com distância de 15 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V5	5,005	10,142	263,5	86,846	77629
V6	4,905	10,098	263,5	67,023	60696

Tratamento 4

Viga de forro 3 tábuas com distância de 30 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V7	5,188	10,113	263,5	61,227	52904
V8	5,121	10,001	263,5	73,438	65572

Ensaio com prego anelado (25x45)

Tratamento 5

Viga de forro 3 tábuas com distância de 15 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V9	5,077	10,211	263,5	65,309	55264
V10	5,085	10,061	263,5	84,584	74706

Tratamento 6

Viga de forro 3 tábuas com distância de 30 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V11	5,114	10,470	263,5	52,364	46249
V12	5,119	10,317	263,5	67,059	59228

Ensaio com prego espiralado (varredura) (6 cm x 2.7 mm) com ponta dobrada ($\pm 1,0$ cm)

Tratamento 7

Viga de forro 3 tábuas com distância de 30 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V13	5,013	10,070	263,5	92,291	82462
V14	5,017	10,177	263,5	78,517	67911

Ensaio com prego espiralado (varredura) (4.7 cm x 2.7 mm) com ponta dobrada ($\pm 1,0$ cm)

Tratamento 8

Viga de forro 3 tábuas com distância de 15 cm entre as linhas longitudinais de pregos

Amostra	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CA	E
V15	5,195	10,292	263,5	81,659	65948
V16	5,275	10,319	263,5	83,32	65750
V17	5,190	10,300	263,5	87,644	70684
V18	5,210	10,209	263,5	63,017	51994

Módulos de Elasticidade

Classificação das vigas

1. Viga 13: 82462
2. Viga 5: 77629
3. Viga 10: 74706
4. Viga 17: 70684
5. Viga 14: 67911
6. Viga 15: 65948
7. Viga 16: 65750

Classificação dos tratamentos (média)

1. Trat. 7: 75187
2. Trat. 3: 69163
3. Trat. 5: 64985
4. Trat. 8: 63594
5. Trat. 1: 62099
6. Trat. 4: 59238
7. Trat. 6: 52739

8. Viga 8:	65572
9. Viga 1:	65495
10. Viga 6:	60696
11. Viga 12:	59228
12. Viga 2:	58702
13. Viga 9:	55264
14. Viga 7:	52904
15. Viga 18:	51994
16. Viga 4:	49528
17. Viga 11:	46249
18. Viga 3:	35115

8. Trat. 2: 42322

Montagem e Ensaio das VLP's

Lâminas para a confecção das VLP's

Posicionamento das lâminas para fixação dos pregos

Marcação do posicionamento dos pregos
anelado e espiralado

Pregos utilizados (da esquerda para a direita): liso,
anelado e espiralado

Fixação dos pregos

Lâminas pregadas

Vigas prontas para o ensaio

Posicionamento da viga nos cavaletes

Detalhe do travamento lateral

Viga posicionada na prensa aguardando o ensaio

Detalhe do Relógio Comparador, Prensa e Travamento Lateral

Relógio Comparador

Execução do ensaio

APÊNDICE 2

Ensaio realizado na VLP composta

Março e maio de 2005

Projeto Inovarural – Grupo Habis – EESC/USP e UFSCar

Parceria do LEM/DCF/ESALQ com Habis/EESC

Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo

Laboratório de Engenharia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais

LEM/DCF/ESALQ/USP

Responsáveis: Professor Dr. José Nivaldo Garcia DCF/ESALQ/USP e Akemi Ino SAP/EESC/USP

Colaboradores: Ivan Manoel Rezende do Valle – doutorando EESC/USP – pesquisador HABIS

Fernando Machado G. Silva – mestrando EESC/USP – pesquisador HABIS

Ensaio de corpos de prova de tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade

Ensaio 1

- $l = 30 \text{ cm}$
- $b = 8,046 \text{ cm}$
- $h = 1,594 \text{ cm}$
- $Ca = 308,02 \text{ kg/cm}$
- $Inércia = 2,715587078 \text{ cm}^4$
- $E = 63.802,5 \text{ kgf/cm}^2$

Ensaio 2

- $l = 30 \text{ cm}$
- $b = 8,04 \text{ cm}$
- $h = 1,57 \text{ cm}$
- $Ca = 296,86 \text{ kg/cm}$
- $Inércia = 2,59282831 \text{ cm}^4$
- $E = 64.402,16 \text{ kgf/cm}^2$

Gráfico 1. Ensaio 1 e 2 de carga x deslocamento das tábuas de *Pinus spp* de 3ª qualidade

Fonte: Dados do DCF/ESALQ/USP – ensaios realizados em março de 2005

Desenvolvimento para o módulo de elasticidade E :

A **equação 1**, abaixo apresenta o desenvolvimento da fórmula do módulo de elasticidade, onde se deseja aplicar o coeficiente angular obtido a partir das equações dos ensaios 1 e 2 do **gráfico 1**.

$$E = \frac{P \cdot l^3}{f \cdot 48I} \Rightarrow EI = \frac{c. \text{angular} \cdot l^3}{48} \Rightarrow E = \frac{\frac{\Delta P}{\Delta l} \cdot l^3}{48 I}$$

Equação 1 - Desenvolvimento da fórmula para determinar o módulo de elasticidade (E) do *Pinus spp* de 3ª; onde P = força e l = deslocamento. Fonte: Dados do DCF/ESALQ/USP – ensaios realizados em março de 2005

Assim, empregando o maior coeficiente angular dos dois ensaios (308,02 kg/cm), o módulo de elasticidade (E) para a madeira de *Pinus spp* de 3ª qualidade, foi respectivamente, $E_1 = 63.802,5 \text{ kgf/cm}^2$ e $E_2 = 64.402,16 \text{ kgf/cm}^2$. O módulo de elasticidade médio é igual a $E_{\text{médio}} = 64.102,33 \text{ kgf/cm}^2$.

Ensaio da 1ª versão da VLP Composta

No ensaio do protótipo da 1ª versão da VLP composta, (**figura 58**, página 154) foram obtidas as **equações 1 e 2** que definem, respectivamente, o coeficiente angular como: 172,27 kg/cm e 245,02 kg/cm. Aplica-se o maior deles: 245,02 kg/cm.

Gráfico 2 - Ensaio do protótipo da 1ª versão VLP composta. Fonte: Dados DCF/ESALQ/USP, março de 2005

Utilizando as informações do protótipo que foi confeccionado no Laboratório de Engenharia da Madeira do DCF/ESALQ/USP para a 1ª versão da VLP composta, temos as seguintes informações:

Dados do protótipo da 1ª versão da VLP composta:

- $l = 366$ cm
- $b = 4,7$ cm
- $h = 28,7$ cm
- $Ca = 245,02$ kg/cm
- $I_{teórico} = 9.258,96$ cm⁴

Para o momento de inércia teórico, emprega-se a fórmula convencional $I = b \times h^3 / 12$. A determinação do momento de inércia real, conforme demonstração da **equação 2**, abaixo, tem por objetivo fazer uma comparação com a inércia teórica (dados da VLP composta) e obter o índice de eficiência. O momento de inércia real (I_{real}) resgata a fórmula do módulo de elasticidade da **equação 1**, onde leva em consideração o maior coeficiente angular encontrado: 245,02 kg/cm.

$$E = \frac{c. \text{angular} \times l^3}{48 \times I} \Rightarrow I_{real} = \frac{c. \text{angular} \times l^3}{48 \times E_{médio}} \Rightarrow I_{real} = \frac{245,02 \times 366^3}{48 \times 64102,32} = 3904,179$$

Equação 2. Determinação do momento de inércia real, através do módulo de elasticidade médio ($E_{médio}$)

Cruzando os valores da inércia real com a inércia teórica, obtém-se o índice de eficiência da VLP composta em relação à uma peça maciça da mesma espécie de madeira – o *Pinus spp* de 3ª qualidade. Esses valores estão expressos na **equação 3**, abaixo, e demonstra o quanto a VLP composta deve render (em porcentagem) quando comparada com uma viga maciça nas mesmas condições e solicitações estruturais.

$$\text{Eficiência} = \frac{I_{real}}{I_{teórico}} \Rightarrow = \frac{3904,179}{9258,96} \Rightarrow \text{Eficiência} = 0,421665$$

Equação 3. Eficiência da VLP composta em relação à uma peça maciça de *Pinus spp*

Viga maciça com a espécie de madeira *Pinus taeda*:

Características mecânicas (fonte: NBR 7190/97)

- Compressão paralela às fibras, $f_{co} = 44$ MPa
- Cisalhamento paralelo às fibras, $f_{vo} = 7,7$ MPa
- Módulo de elasticidade, $E = 13304,0$ MPa ou 65.106 kgf/cm²
- Peso aparente específico 12% $D_{ap} = 645$ kg/m³

Dados da viga maciça da cozinha adaptado ao projeto 3QBD. Características físicas:

- Seção retangular: base $b = 7,5$ cm e altura $h = 25$ cm (medidas ajustadas para aprovação, conforme NBR 7190/97);
- Comprimento da viga: $l = 370$ cm
- Espaçamento entre vigas: $2,70$ m
- Carga por área: 100 kg/m²
- Carga uniformemente distribuída: $q = 270$ kgf/ml
- Momento de Inércia: $9.765,63$ cm⁴

Dados da viga da cozinha com ajustes à NBR 7190/97

- Classe de resistência: $0,60$ (carga permanente - $k_{mod} 1$)
- Classe de umidade: $1,00$ (1 e 2 - $k_{mod} 2$)
- Categoria: $0,80$ (conífera 2ª categoria - $k_{mod} 3$)
- Deslocamento limite: $f_{lecha\ limite} = l / 350$ para cargas permanentes = $1,06$ cm
- Coeficiente de segurança: $1,30$

Resultados do dimensionamento da viga maciça teórica de $7,5 \times 25$ cm de *pinus taeda*:

- Vão máximo admissível: $l = 3,67$ m (Ok)
- Critério do cisalhamento: tensão de cisalhamento = $5,43$ kgf/cm² (Ok)
- Critério do momento fletor: tensão resultante $c_d = t_d = 80,33$ kgf/cm² (Ok)
- Critério da flecha: flecha resultante = $1,09$ cm $> 1,06$ da flecha limite. Aceitável (Ok)
 - Vão máximo admissível = $3,67$ m. (Ok)
- Critério da flambagem lateral: vão máximo = $3,52$ m. Aceitável (Ok)

Ensaio da 2ª versão da VLP composta

Para o protótipo da 2ª versão da VLP composta, conforme desenhos da **figura 60** (pág. 156), temos:

Dados:

- Altura total: $h = 32$ cm
- Banzo superior : base $b = 9,0$ cm e altura $13,5$ cm
- Alma: base $3,0$ cm e altura $5,0$ cm
- Banzo inferior: base $b = 9,0$ cm e altura $13,5$ cm
- Momento de Inércia : $I = 24.513,5$ cm⁴
- Momento de Inércia efetivo: $I_x = (0,85): 20.836,48$ cm⁴

Se compararmos o momento de inércia da viga maciça $7,5 \times 25$ cm com o momento de inércia da 2ª versão da VLP composta, e aplicarmos o índice de eficiência ($0,4217$) encontrado no ensaio da 1ª alternativa de VLP composta, temos as seguintes informações:

- Índice de eficiência da segunda VLP composta para a seção maciça: 0,4217
- Momento de inércia da seção retangular maciça: 9.765,63 cm⁴
- Momento de inércia efetivo da 2ª alternativa da VLP composta: 20836,48 cm⁴
- Aplicando o coeficiente de 0,4217 sobre a inércia da VLP composta, temos: 8.786,74 cm⁴
- 8.786,74 cm⁴ < 9765,63 cm⁴; não alcançando o valor da inércia da seção retangular, mas atendendo aos demais critérios.

Gráfico 3. Ensaio do protótipo da 2ª versão da VLP composta

Fonte: Dados DCF/ESALQ/USP, maio de 2005

APÊNDICE 3

Dimensionamentos das peças de madeira dos Painéis pré-fabricados

Março de 2007

Projeto Sepé Tiaraju – Grupo Habis – EESC/USP e UFSCar

Responsáveis: Professor Dra. Akemi Ino SAP/EESC/USP e Ivan Manoel Rezende do Valle – doutorando
EESC/USP – pesquisador HABIS

Parceria:

Laboratório de Madeira e Estruturas em Madeira – Departamento de Engenharia Civil/EESC/USP

Colaboração: Alan Dias – Callia Estruturas de Madeiras (cessão da '*planilha de cálculo*'. Fonte: NBR 7190/97)

Memória de cálculo de componentes do Pannel pré-fabricado aplicado nas coberuras das casas
do Assentamento Rural Sepé Tiaraju

Peças de *Pinus spp* (dimensionada conforme características de *Pinus taeda*):

- Caibro de 2,5 x 10 cm (tábua serrada e mesa da seção "T")
- Terça de 5,0 x 15 cm (viga maciça serrada e alma da seção "T")
- Viga de 7,5 x 25 cm (viga maciça serrada)

Valores de resistência de cálculo para madeiras

1 - Entre com os valores dos Kmods

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod(total)
0,60	1,00	0,80	0,48

Classe de Carreg.	Classe de Umid.	Categoria
Permanente = 0,60	1 e 2 = 1,00	Dico 1a. = 1,00
Longa Duração = 0,70	3 e 4 = 0,80	Dico 2a. = 0,80
Média Duração = 0,80		Coni 1a. = 0,80
Curta Duração = 0,90		Coni 2a. = 0,80
Instantânea = 1,10		
Não Considerada = 1,00		

Coeficientes de fluência (fi)	
Classe de Umidade :	1 e 2
Tipo de Carga :	Permanente
Coeficiente :	0,80

2 - Relação entre fk/fm e o coef. de segur.

Esforço	fk/fm	coef. de seg.
Comp. // fibras (fc)	0,70	1,40
Tração // fibras (ft)	0,70	1,80
Cisalh. // fibras (fv)	0,54	1,80

Cód.	Nome Comum	Compressão paralela às fibras fc0,m (MPa)	Módulo de Elasticidade Ec0,m (MPa)	Peso Aparente Específico (12%) P(apar.) Kg/m³	Cisalhamento paralelo às fibras fv0,m (MPa)	Tração paralela às fibras ft0,m (MPa)	Tração normal às fibras ft90,m (MPa)	Nome científico	Categoria
52	Pinus taeda	44,4	13304,0	645,0	7,7	82,8	2,8		CONI

1 - Selecione a Madeira

Código da madeira:

(Valores já com os Kmods
aplicados)

Nome Comum	Pap. (Kg/m³)	Ec (Kg/cm²)
Pinus taeda	645	65106
Nome Científico	fc (Kg/cm²)	fv (Kg/cm²)
0	108,6	11,3
Tipo	ft (Kg/cm²)	ftn (Kg/cm²)
CONI	157,6	5,3

Viga da cozinha 7,5 x 25 cm

1 - Selecione a Madeira

Código da madeira:

52

Verificando :
Seção RETANGULAR

Nome Comum	Pap. (Kg/m³)	Ec (Kgf/cm²)
Pinus taeda	645	65106
Nome Científico	fc (Kgf/cm²)	fv (Kgf/cm²)
0	108,6	11,3
Tipo	ft (Kgf/cm²)	ftn (Kgf/cm²)
CONI	157,6	5,3

2 - Propriedades Geométricas

SEÇÃO CIRCULAR (1)
	Diâmetro (Ø) :	em cm
	Quadrado de Lado :	0,00 em cm
	Área da seção (A) :	0,00 cm²
	Momento de inércia (Jx) :	0,00 cm⁴
	Momento de inércia (Jy) :	0,00 cm⁴
	Módulo de resistência (Wx) :	0,00 cm³

SEÇÃO RETANGULAR (2)
	Base (b) :	7,50 em cm
	Altura (h) :	25,00 em cm
	Área da seção (A) :	187,50 cm²
	Momento de inércia (Jx) :	9765,63 cm⁴
	Momento de inércia (Jy) :	878,91 cm⁴
	Módulo de resistência (Wx) :	781,25 cm³

Módulo de resistência (Wy) :	0,00	cm³
Momento estático do semi-círculo (S) :	0,00	cm³

Módulo de resistência (Wy) :	234,38	cm³
Raio de Giração (i) :	7,22	

Tipo de seção :	2	Seção RETANGULAR
Área adotada :	187,50	cm²
Jx adotado :	9765,63	cm⁴
Wx adotado :	781,25	cm³
ys adotado :	12,50	cm
yi adotado :	12,50	cm

4 - Esforços solicitantes

Comprimento da viga (L) :	3,60	m
Deslocamento limite (Flecha) :	350	(350) para permanentes / (300) para variáveis / (500) para cimbramentos
Flecha máxima admissível :	1,03	cm = L/deslocamento limite
Peso próprio (q1) :	0,01209	tf/m
Carga por área :	100,00	Kgf/m²
Espaçamento entre as vigas :	270,00	cm
Carga distribuída (q2) :	0,270	tf/m
Carga Pontual (P) :		tf
Distância (d) de P do 1o. apoio :		m

12,09	Kgf/m	Peso próprio da viga
43,54	Kgf	Peso da peça
270,00	Kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
0,00	Kgf	Carga Pontual

Mom. fletor (M) :	0,457	tf.m
Cortante 1 (V) :	0,508	tf
Cortante 2 (V) :	0,508	tf

$$M = \frac{q \cdot \ell^2}{8} + \frac{P \cdot \ell_{maior} \ell_{menor}}{\ell}$$
$$V = \frac{q \cdot \ell}{2} + \frac{P \cdot \ell_{maior}}{\ell}$$

5 - Verificação da Seção

Coeficiente de segurança : **1,30**

CRITÉRIO DO CISALHAMENTO

Para seções **CIRCULARES** temos :

$$\tau_d = Coef.seg \frac{V.S_2}{\phi_2.J_{x,efetivo}} \leq f_{v0,d}$$

Para seções **RETANGULARES** temos :

$$\tau_d = Coef.seg \frac{3.V}{2.b.h} \leq f_{v0,d}$$

*Esta fórmula foi utilizada !*Para **OUTRAS** seções temos :

$$\tau_d = Coef.seg \frac{3.V}{2.b.(h1+h2)} \leq f_{v0,d}$$

Tensão de cisalhamento : **5,28** **Kgf/cm²** **OK**

CRITÉRIO DO MOMENTO FLETOR

Para **TODAS** seções temos :

$$\sigma_{cd} = Coef.seg \cdot \frac{M}{J_{x,efetivo}} \cdot y_s \leq f_{c0,d}$$

$$\sigma_{td} = Coef.seg \cdot \frac{M}{J_{x,efetivo}} \cdot y_i \leq f_{t0,d}$$

Tensão resultante **cd** : **76,04** **Kgf/cm²** **OK**Tensão resultante **td** : **76,04** **Kgf/cm²** **OK**

CRITÉRIO DA FLECHA

Para **TODAS** seções temos :

$$flecha.(x) = \frac{5.q_x \cdot \ell^4}{384 E_{c0,ef} \cdot J_x} + \frac{P(\ell_{maior})^2 (\ell_{menor})^2}{3 E_{c0,ef} \cdot J_x \cdot \ell} \leq \frac{\ell}{desloc}$$

Flecha limite : 1,03 cm
 Flecha resultante : **0,98** cm **OK**

Passou na flecha !

Vão máximo admissível : **3,67** m

$$\frac{5 \cdot q_x \cdot \ell_{\text{máx}}^4}{384 \cdot E_{c0,ef} \cdot J_x} + \frac{P(\ell_{\text{maior}})^2 (\ell_{\text{menor}})^2}{3 \cdot E_{c0,ef} \cdot J_x \cdot \ell_{\text{máx}}} \leq \frac{\ell_{\text{máx}}}{\text{desloc.}}$$

Aceito!

FLAMBAGEM LATERAL PARA VIGAS RETANGULARES

Flambagem lateral será verificada ! Seção RETANGULAR

h/b :	3,33
l/b :	48,00
βM :	12,78
Ec/βM*fc :	46,90

Vai haver flambagem lateral !

Vão máximo admissível para
 que não haja flambagem
 lateral :

3,52 m

***Essa é a distância que devem estar os travamentos laterais da viga

Terça 5,0 x 15 cm

1 - Selecione a Madeira

Código da madeira: **52**

Verificando :
Seção T

Nome Comum	Pap. (Kg/m³)	Ec (Kg/cm²)
Pinus taeda	645	65106
Nome Científico	fc (Kg/cm²)	fv (Kg/cm²)
0	108,6	11,3
Tipo	ft (Kg/cm²)	ftn (Kg/cm²)
CONI	157,6	5,3

SEÇÃO RETANGULAR + TÁBUA = "T" (3)

Base (b1) :	5,00	em cm
Altura (h1) :	15,00	em cm
Base (b2) :	10,00	em cm
Altura (h2) :	2,50	em cm
Área da seção (A) :	100,00	cm²

SEÇÃO DUPLA + TÁBUA = "C" (4)

Base (b1) :	00,00	em cm
Altura (h1) :	00,00	em cm
Base (b2) :	00,00	em cm
Altura (h2) :	0,00	em cm
Área da seção (A) :	0,00	cm²

ys :	7,81	cm
yi :	9,69	cm
Altura (H) total :	17,50	cm
Momento de inércia (Jx) :	2854,82	cm ⁴
Momento de inércia Jx efetivo (0,95) :	2712,08	cm ⁴
Momento de inércia (Jy) :	364,58	cm ⁴
Momento de inércia Jy efetivo (0,95) :	346,35	cm ⁴
Módulo de resist. à compressão (Wxc) :	347,15	cm ³
Módulo de resist. à tração (Wxt) :	279,96	cm ³
Raio de Giração (i) :	5,21	

ys :	0,0	cm
yi :	0,0	cm
Altura (H) total :	35,00	cm
Momento de inércia (Jx) :	118030,30	cm ⁴
Momento de inércia Jx efetivo (0,70) :	82621,21	cm ⁴
Momento de inércia (Jy) :	184166,67	cm ⁴
Momento de inércia Jy efetivo (0,70) :	128916,67	cm ⁴
Módulo de resist. à compressão (Wxc) :	4912,61	cm ³
Módulo de resist. à tração (Wxt) :	4544,17	cm ³
Raio de Giração (i) :	8,67	

3 - Selecione o tipo de seção

Tipo de seção :	3	Seção T
Área adotada :	100,00	cm ²
Jx adotado :	2712,08	cm ⁴
Wx adotado :	347,15	cm ³
ys adotado :	7,81	cm
yi adotado :	9,69	cm

4 - Esforços solicitantes

Comprimento da viga (L) :	2,60	m
Deslocamento limite (Flecha) :	350	(350) para permanentes / (300) para variáveis / (500) para cimbramentos
Flecha máxima admissível :	0,75	cm = L/deslocamento limite
Peso próprio (q1) :	0,00645	tf/m
Carga por área :	100,00	Kgf/m ²
Espaçamento entre as vigas :	185,00	cm
Carga distribuída (q2) :	0,185	tf/m
Carga Pontual (P) :		tf
Distância (d) de P do 1o. apoio :		m

6,45	Kgf/m	Peso próprio da viga
16,77	Kgf	Peso da peça

185,00	Kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
0,00	Kgf	Carga Pontual

2,60

Mom. fletor (M) :	0,162	tf.m
Cortante 1 (V) :	0,249	tf
Cortante 2 (V) :	0,249	tf

$$M = \frac{q \cdot \ell^2}{8} + \frac{P \cdot \ell_{\text{maior}} \ell_{\text{menor}}}{\ell}$$

$$V = \frac{q \cdot \ell}{2} + \frac{P \cdot \ell_{\text{maior}}}{\ell}$$

2,60 m

5 - Verificação da Seção

Coeficiente de segurança : **1,30**

CRITÉRIO DO CISALHAMENTO

Para seções **CIRCULARES** temos :

$$\tau_d = Coef.seg \frac{V.S_2}{\phi_2 J_{x,efetivo}} \leq f_{v0,d}$$

Para seções **RETANGULARES** temos :

$$\tau_d = Coef.seg \frac{3.V}{2.b.h} \leq f_{v0,d}$$

Para **OUTRAS** seções temos :

$$\tau_d = Coef.seg \frac{3.V}{2.b.(h1+h2)} \leq f_{v0,d}$$

*Esta fórmula foi utilizada !*Tensão de cisalhamento : **5,55** **Kgf/cm²** **OK**

CRITÉRIO DO MOMENTO FLETOR

Para **TODAS** seções temos :

$$\sigma_{cd} = Coef.seg \cdot \frac{M}{J_{x,efetivo}} \cdot y_s \leq f_{c0,d}$$

$$\sigma_{td} = Coef.seg \frac{M}{J_{x,efetivo}} \cdot y_i \leq f_{t0,d}$$

Tensão resultante **cd** : **60,58** **Kgf/cm²** **OK**Tensão resultante **td** : **75,12** **Kgf/cm²** **OK**

CRITÉRIO DA FLECHA

Para **TODAS** seções temos :

$$flecha.(vx) = \frac{5.q_x \cdot \ell^4}{384 E_{c0,ef} \cdot J_x} + \frac{P(\ell_{maior})^2 (\ell_{menor})^2}{3 E_{c0,ef} \cdot J_x \cdot \ell} \leq \frac{\ell}{desloc}$$

Flecha limite : 0,75 cm
 Flecha resultante : **0,65** cm **OK**

Passou na flecha !

Vão máximo admissível : **2,73** m

$$\frac{5 \cdot q_x \cdot \ell_{máx}^4}{384 \cdot E_{c0,ef} \cdot J_x} + \frac{P(\ell_{maior})^2 (\ell_{menor})^2}{3 \cdot E_{c0,ef} \cdot J_x \cdot \ell_{máx}} \leq \frac{\ell_{máx}}{desloc.}$$

Aceito!

FLAMBAGEM LATERAL PARA VIGAS RETANGULARES

Flambagem Lateral não verificada : Seção T

h/b :	Inválido !!!!
l/b :	52,00
βM :	#VALOR!
Ec/βM*fc :	#VALOR!

#VALOR!

Vão máximo admissível para
 que não haja flambagem
 lateral :

#VALOR! m

***Essa é a distância que devem estar os travamentos laterais da viga

Caibro 2,5 x 10 cm

1 - Selecione a Madeira

Código da madeira:

52

Verificando :
Seção RETANGULAR

Nome Comum	Pap. (Kg/m³)	Ec (Kgf/cm²)
Pinus taeda	645	65106
Nome Científico	fc (Kgf/cm²)	fv (Kgf/cm²)
0	108,6	11,3
Tipo	ft (Kgf/cm²)	ftn (Kgf/cm²)
CONI	157,6	5,3

2 - Propriedades Geométricas

SEÇÃO CIRCULAR (1)
	Diâmetro (Ø) :	28,00 em cm
	Quadrado de Lado :	24,81 em cm
	Área da seção (A) :	615,75 cm²
	Momento de inércia (Jx) :	31595,89 cm⁴

SEÇÃO RETANGULAR (2)
	Base (b) :	2,50 em cm
	Altura (h) :	10,00 em cm
	Área da seção (A) :	25,00 cm²
	Momento de inércia (Jx) :	208,33 cm⁴

Momento de inércia (Jy) :	31595,89	cm4
Módulo de resistência (Wx) :	2546,58	cm³
Módulo de resistência (Wy) :	2546,58	cm³
Momento estático do semi-círculo (S) :	1829,33	cm³
Raio de Giração (i) :	7,16	

Momento de inércia (Jy) :	13,02	cm4
Módulo de resistência (Wx) :	41,67	cm³
Módulo de resistência (Wy) :	10,42	cm³
Raio de Giração (i) :	2,89	

3 - Selecione o tipo de seção

Tipo de seção :	2	Seção RETANGULAR
Área adotada :	25,00	cm²
Jx adotado :	208,33	cm4
Wx adotado :	41,67	cm³
ys adotado :	5,00	cm
yi adotado :	5,00	cm

4 - Esforços solicitantes

Comprimento da viga (L) :	1,85	m
Deslocamento limite (Flecha) :	350	(350) para permanentes / (300) para variáveis / (500) para cimbramentos
Flecha máxima admissível :	0,53	cm = L/deslocamento limite
Peso próprio (q1) :	0,00161	tf/m
Carga por área :	100,00	Kgf/m²
Espaçamento entre as vigas :	45,00	cm
Carga distribuída (q2) :	0,045	tf/m
Carga Pontual (P) :		tf
Distância (d) de P do 1o. apoio :		m

1,61	Kgf/m	Peso próprio da viga
2,98	Kgf	Peso da peça

45,00	Kgf/m	Carga Uniformemente Distribuída
0,00	Kgf	Carga Pontual

1,85

Mom. fletor (M) :	0,020	tf.m
Cortante 1 (V) :	0,043	tf
Cortante 2 (V) :	0,043	tf

$$M = \frac{q \cdot \ell^2}{8} + \frac{P \cdot \ell_{maior} \ell_{menor}}{\ell}$$
$$V = \frac{q \cdot \ell}{2} + \frac{P \cdot \ell_{maior}}{\ell}$$

5 - Verificação da Seção

Coeficiente de segurança : **1,30**

CRITÉRIO DO CISALHAMENTO

Para seções **CIRCULARES** temos :
$$\tau_d = Coefseg \frac{V.S_2}{\phi_2 J_{x,efetivo}} \leq f_{v0,d}$$

Para seções **RETANGULARES** temos :
$$\tau_d = Coefseg \frac{3V}{2bh} \leq f_{v0,d}$$

Esta fórmula foi utilizada !

Para **OUTRAS** seções temos :
$$\tau_d = Coefseg \frac{3V}{2b.(h1+h2)} \leq f_{v0,d}$$

Tensão de cisalhamento : **3,36** *Kgf/cm²* **OK**

CRITÉRIO DO MOMENTO FLETOR

Para **TODAS** seções temos :
$$\sigma_{cd} = Coefseg \cdot \frac{M}{J_{x,efetivo}} \cdot y_s \leq f_{c0,d}$$

$$\sigma_{td} = Coefseg \frac{M}{J_{x,efetivo}} \cdot y_i \leq f_{t0,d}$$

Tensão resultante **cd** : **62,22** *Kgf/cm²* **OK**

Tensão resultante **td** : **62,22** *Kgf/cm²* **OK**

CRITÉRIO DA FLECHA

$$flecha.(v_x) = \frac{5.q_x.\ell^4}{384E_{c0,ef}.J_x} + \frac{P(\ell_{maior})^2(\ell_{menor})^2}{3.E_{c0,ef}.J_x.\ell} \leq \frac{\ell}{desloc}$$

Para **TODAS** seções temos :

Flecha limite : 0,53 cm
 Flecha resultante : **0,53** **cm** **OK**

Passou na flecha !

Vão máximo admissível : **1,86** **m**

$$\frac{5 \cdot q_x \cdot \ell_{\text{máx}}^4}{384 \cdot E_{c0,ef} \cdot J_x} + \frac{P(\ell_{\text{maior}})^2 (\ell_{\text{menor}})^2}{3 \cdot E_{c0,ef} \cdot J_x \cdot \ell_{\text{máx}}} \leq \frac{\ell_{\text{máx}}}{\text{desloc.}}$$

Aceito!

FLAMBAGEM LATERAL PARA VIGAS RETANGULARES

Flambagem lateral será verificada ! Seção RETANGULAR

h/b :	4,00
l/b :	74,00
βM :	15,04
Ec/βM*fc :	39,90

Vai haver flambagem lateral !

Vão máximo admissível para
 que não haja flambagem
 lateral :

1,00 **m**

***Essa é a distância que devem estar os travamentos laterais da viga

ANEXO 1

PLANILHA DE COLETA DE DADOS - PROCESSO DE MONTAGEM DOS COMPONENTES DA COBERTURA – CANTEIRO

Julho de 2005

Projeto Inovarural

Assentamento Rural Pirituba II

Responsável pela pesquisa da cobertura das casas: Ivan Manoel Rezende do Valle – doutorando

Coleta de dados: Liló (apelido) – estudante graduação. Curso: Arquitetura. EESC/USP.
Professora Dra. Akemi Ino

PROJETO INOVARURAL - “Construindo habitação rural com inovações” –
Assentamento Rural Fazenda Pirituba, Itapeva - SP
**PLANILHA DE COLETA DE DADOS - PROCESSO DE MONTAGEM DOS
COMPONENTES DA COBERTURA – CANTEIRO**

Mestre Lúcio

Canteiro Cleide e Sérgio

PILAR

Pilares laterais já concretados, pilares centrais locados, porém, um deles se encontrava desalinhado em relação ao distanciamento entre eles.

Depois de locar os pilares laterais em relação a casa e entre si a olho, uma linha é passada no topo deles para que os pilares centrais sejam aprumados com o auxílio dessa linha. É verificada a medida de 2,7 metros na parte de cima de na base dos pilares.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
11/07/05 08h	11/07/05 09:10h		Trena, escada, cavadeira de mão, cavalete, linha.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante -Adonil

BERÇO

Localiza-se o primeiro berço na parte superior do oitão, com o auxílio de um prego, ele marca o local onde será o parafuso no concreto, assim, o furo do prego na madeira irá corresponder com o do concreto. Com a furadeira e uma broca adequada que corresponde a dimensão do parafuso a ser usado, o mestre fura o concreto, com certa dificuldade. Enquanto isso, o ajudante embaixo melhora o furo no berço com martelo e prego. Coloca-se a bucha número 10, o berço, e com a ajuda de uma chave 10, o parafuso 10mm chumba o berço no oitão. Depois, o berço da parte inferior, deixando o berço a ser locado no meio por último. O mestre deixa o necessário de sobra e faz o mesmo processo. Depois, com a trena, o mestre mede a distancia entre os berços e fala para o ajudante que se encontra em baixo, este mede e serra o berço menor. O mestre faz o mesmo processo, porém, somente um parafuso se faz necessário, diferente dos outros dois, onde são utilizados dois parafusos.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
11/07/05 09:15h	11/07/05 10:50h	Metade de oitão em 30 minutos	Trena, duas escadas, furadeira, broca, martelo, dois pregos 17x27, serrote, chave 10.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil
12/07/05 07:30h	12/07/05 09:08h	Metade de oitão em 37 minutos	Trena, duas escadas, furadeira, broca, martelo, dois pregos 17x27, serrote, chave 10.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil

VLP COMPOSTA

Com a trena mede-se o eixo da VLP composta em relação à parede, o mestre passa uma linha desde a parede do quarto até a parede externa da frente. O mestre quebra o local aonde irá a VLP composta. Para fixar a VLP composta, eles utilizam parafusos compridos, 10mm, eles serão substituídos pelas barras roscadas. Com um gabarito, marca-se um dente a ser feito na VLP composta, é assim ela irá encaixar na parede. Eles serram com serra circular, mas é necessário terminar com serrote, pois a serra não tem dimensão para atravessar a espessura da VLP. Erguendo a VLP composta, a olho ela é verificada sua altura em relação aos oitões. Localiza-se o berço que irá debaixo da VLP composta, na parte mais alta. O mestre coloca pregos inclinados para melhorar o chumbamento com concreto.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
11/07/05 10:35h	11/07/05 12:20h		Trena, duas escadas, cavalete, linha, martelo, serra circular, serrote, lápis, gabarito, furadeira.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante -Adonil

VLP DE VARANDA

Para receber as VLP's de varanda, também é necessário quebrar o local aonde elas irão encaixar. Erguendo as VLP's de varanda é verificado o local onde se quebra a parede e marca-se o local onde será feito entalhamento nos pilares para receberem as VLP's de varanda. Com a serra circular, a base o entalhe é cortado, depois, com o auxílio do formão e no final do machado, o entalhe é realizado. As VLP's são alinhadas seguindo o berço do oitão, as duas VLP's de varandas laterais são locadas e uma linha é passada na ponta para localizar as outras VLP's. Verifica-se com uma mangueira o nível da VLP's de varanda laterais. A medida do centro da cumeeira até o fim da VLP é verificada em todas as VLP's de varanda. A terceira VLP de varanda a ser locada é a última a ser pregada, depois de se verificar a medida de 2,7 m em relação as VLP's de varanda ao seu lado, essa é a VLP de varanda que se encontra com a VLP composta. A VLP é pregada nos berços e nos pilares. Na VLP de varanda que encontra a VLP composta o mestre opta por colocar um chapuz, ele quebra a parede, inclusive a canaleta, para fixar esse chapuz dentro da parede. No encontro da VLP composta e VLP de varanda, o mestre resolve colocar uma chapa, ela entra na VLP composta metade e a outra metade encontra a face da VLP de varanda. O mestre fixa essa chapa com um parafuso de 10mm na VLP de varanda e outro parafuso de 10mm no segundo furo, atravessando a VLP composta de forma que ele encontre o furo da chapa.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
11/07/05 13:15h	11/07/05 15:35h	Uma VLP de varanda em 25 minutos	Trena, escada, cavalete, linha, martelo, serra circular, serrote, machado, formão, furadeira.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante -Adonil

BEIRAL COM MÃO FRANCESA

Quebra-se a parede no local aonde o beiral irá se fixar. Ele é alinhado em relação aos berços deixados na espera. Novamente os laterais são locados primeiro, e uma linha é passada para localizar os centrais.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
12/07/05 09:10h	12/07/05 09:50h	Um beiral instalado em 10 minutos	Trena, duas escadas, linha, martelo, serrote.	Mestre -Lúcio Ajudante -Adonil

VLP SIMPLES

Durante o fim de semana, o dono da casa já pregou as emendas de VLP simples nas de 2,7 m, as centrais. E também realizou os furos onde irão passar os cabos, sendo que na VLP simples de 3,4 m, foram feitos dois furos medindo-se de ambas as extremidades da VLP simples, para caso a VLP seja colocada em outro sentido. Com três VLP simples no chão e cinco telhas, o mestre verifica a galga a ser utilizada para que as telhas assentem perfeitamente. A VLP simples da cumeeira é localizada a olho pelo mestre embaixo, que verifica o alinhamento dela em relação à parede. A seguinte VLP simples é locada com a galga, e fixada com um chapuz. As VLP's de 2,7 m são colocadas primeiro, com duas galgas, galgando as pontas, onde é fixado o chapuz. Na varanda, os berços são serrados para ficarem da mesma espessura da VLP de varanda. A última VLP simples é colocada ao contrário das outras, sua emenda fica para a parte interna de forma que 9 cm das telhas da primeira fiada fiquem em balanço. Esse último chapuz deve ser modificado, o mestre decide por um espaçador cortado na medida e pregado.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
12/07/05 10:15h	12/07/05 11:24h	Uma VLP simples em 2 minutos	Trena, duas escadas, galga, martelo, serrote.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil
12/07/05 13:50h	12/07/05 15:20h	Uma VLP simples em 2 minutos	Trena, duas escadas, galga, martelo, serrote.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil
12/07/05 15:30h	12/07/05 16:07h	Uma VLP simples em 2 minutos	Trena, duas escadas, galga, martelo, serrote.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil
13/07/05 10:04h	13/07/05 11:12h	Uma VLP simples em 2 minutos	Trena, duas escadas, galga, martelo, serrote.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil
13/07/05 13:30h	13/07/05 14:35h	Uma VLP simples em 2 minutos	Trena, duas escadas, galga, martelo, serrote.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil

CABO DE AÇO

Com um pedaço de fita isolante da casa, o mestre prepara a ponta do cabo de aço, para que ele não desmanche. O mestre passa o cabo em todos os furos e coloca as duas chapas de um lado, e com uma ripa prega as VLP's simples próximas ao beiral. Do outro lado, ele fixa um prego no mesmo furo do cabo, deixando ele tencionado e deixando folga para que o mestre fixe as outras duas chapas.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
13/07/05 14:59h	13/07/05 15:04h		Fita isolante, martelo, alicate, chave.	Mestre -Lúcio
14/07/05 08:20h	14/07/05 09:13h		Fita isolante, martelo, alicate, chave.	Mestre -Lúcio

ESPAÇADOR

Os espaçadores são medidos e cortados pelo dono da casa no horário de almoço na marcenaria. Eles são preparados, colocando pregos nos dois cantos, inclinados, de forma que para se fixar os espaçadores é somente necessário coloca-los e pregar os pregos já fixos nos espaçadores.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
13/07/05 15:10h	13/07/05 17:23h		Martelo, escadas.	Mestre –Lúcio Dono da casa – Sérgio Ajudante –Adonil
13/07/05 16:12h	13/07/05 17:23h		Martelo, escadas.	Mestre –Lúcio Dono da casa – Sérgio Ajudante –Adonil

TELHAS

Para o recebimento das telhas, ripas da mesma espessura da VLP simples, são pregadas no sentido do comprimento, de forma que as telhas sejam colocadas na mesma altura onde estão os berços. As telhas foram distribuídas ao longo da cobertura. Com um homem em baixo arremessando as telhas, a colocação das telhas é rápida, elas são encaixadas conforme as VLP's simples e alinhadas a olho por uma pessoa em baixo.

Data e hora início	Data e hora fim	Quantidade produzida	Instrumentos utilizados	Pessoas envolvidas
14/07/05 10:01h	14/07/05 12:04h	6 fileiras de telhas em 20 minutos	Escada, carrinho de mão.	Mestre -Lúcio Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil Ajudante –Laércio Ajudante –Silvio
14/07/05	14/07/05	Metade da	Escada, carrinho de	Mestre -Lúcio

13:37h	15:07h	cobertura em 40 minutos	mão.	Dono da casa - Sérgio Ajudante –Adonil Ajudante –Laércio Ajudante –Silvio
--------	--------	-------------------------------	------	---

COMPLEMENTOS OBSERVADOS

O entendimento da cobertura, do projeto como um todo é aceitável, porém, ainda há o desconhecimento de certos elementos por parte do mestre.

A segurança é apenas um sapato mais grosso, sem luvas nem capacetes, porém, no último dia observado, já na casa de Adonil, o mestre utilizava capacete.

Foram utilizados 6 sacos de pregos, ou seja, seis quilos durante a execução da cobertura.

COMPLEMENTOS PESSOAIS

O canteiro era organizado, refletindo os donos e até mesmo o mestre, preocupado sempre em guardar os equipamentos. Organizada, a obra facilitou a execução da cobertura, os elementos separados e prontos para a execução.

Os resíduos foram aproveitados para aterrar a varanda, porém a produção de resíduos durante a cobertura da casa é grande, mas sem perturbar o andamento da obra.

Os problemas encontrados eram sempre solucionados pelo mestre, que comandou a execução da cobertura o tempo todo, distribuindo serviços de acordo com a habilidade da pessoa e a necessidade, tendo quase sempre os três envolvidos, durante toda a execução, ocupados em algo.

A família sempre esteve envolvida em todo o processo, principalmente pela relação de parentesco entre as pessoas envolvidas.

A emoção da casa coberta e a dedicação na obra partiam de todos, filhos, amigos e familiares.