

6 Conclusão

Todas as pesquisas do LILD são voltadas para desenvolver sistemas construtivos sustentáveis, dada a premência em alcançar soluções que respondam à degradação do meio ambiente provocada pelos processos industriais vigentes na construção civil. O sistema tratado nesta tese mostrou-se potencialmente de baixo impacto ambiental, simples de produzir e com forte possibilidade de se irradiar no meio social.

Dos materiais e objetos desenvolvidos em experimentos, extraímos às seguintes conclusões:

Experimentos com mantas de *fibrobarro* indicaram que para o seu manuseio, lançamento e fixação sobre a estrutura de bambu, a manta deve ter em torno de meio metro quadrado e ser manuseada por duas pessoas, pois, enquanto úmida, pesa entre 10 kg a 11 kg. Do mesmo modo, a trama de apoio não deve ter espaçamento superior a 20 cm para não ocorrer o abaulamento excessivo da manta de *fibrobarro* entre a trama de bambu.

Utilizamos o sisal para compor a manta por ser economicamente viável e de fácil aquisição em lojas de material de construção. Seja picado de 4 a 5 cm quanto inteiro, desfiado, acomodado no gabarito ou mesmo uma parcela picada e outra inteiriça, deram bons resultados. Por princípio buscou-se a maior inserção possível, atingindo a média de 66 quilos de sisal por metro cúbico de barro. Experimentos com batedeira industrial e com argamassadeira mostraram que fibras com comprimento médio de 4 cm se prendem às lâminas, sendo indicado, neste caso, fibras de 2 cm de comprimento médio. Para a confecção da manta com sisal recomenda-se o uso de luva de látex, devido ao desgaste por atrito na pele ferindo os dedos.

Devido à sua fina espessura, de um centímetro ou menos, a manta de *fibrobarro*, mesmo apresentando o coeficiente de transmissão térmica em torno de 0,8 W/mK, resulta numa transmitância térmica elevada, ficando acima dos valores máximos permitidos pelas normas de desempenho das construções, tanto para elementos de vedação externos quanto para coberturas (ver apêndices 2 e 3).

No *brise* de bambu testado, o desempenho da lâmina com bambu roliço foi superior à da lâmina com fitas, pois, além de proporcionar a mesma obstrução aos raios solares, com uma camada a menos do que a lâmina de fitas, apresentou melhor aerodinâmica nas medições.

Quanto ao *brise* com lâminas de barro, se por um lado comprovamos a possibilidade de armazenamento e reaproveitamento do fibrobarro, utilizando manta guardada a mais de seis meses, por outro, evidenciou a dificuldade de impermeabilização do barro cru com aplicação de superficial de resina. Como a superfície da manta é irregular, o consumo de resina é grande e nem sempre preenche todas as fissuras, não garantindo a vedação completa da manta.

Nos experimentos com os painéis a resina demonstrou boa aderência tanto ao isopor quanto a superfície de celulose do *honey-comb*, assim como ao fibrobarro. Na exposição às intempéries ocorreu o desprendimento da película superficial impregnada de resina do restante do fibrobarro umedecido pela chuva. Esta *pele*, formada de resina de poliuretano, barro e sisal, com espessura de um a dois milímetros, além de íntegra, apresentava boa flexibilidade.

Uma conclusão sobre painéis de fibrobarro é que, para atender as exigências de transmitância térmica da Norma NBR 15.575, o miolo deve ser de material isolante térmico, como, por exemplo, a resina expansiva de mamona. Caso contrário a espessura das faces de fibrobarro devem ser mais espessas, perdendo a leveza desejada.

Sobre a estrutura da telha calhetão chegamos a conclusão que a amarração, para um objeto sujeito à solicitação de esforços como a telha, tem que estar enrijecida. O peso total da telha com 64,6 kgf nos pareceu elevado para o manuseio sem equipamentos, como é desejado. Devido a pouca espessura da telha, a transmitância térmica é elevada, não sendo recomendado o uso direto como cobertura. Neste caso, faz-se necessário lançar mão de um sistema de cobertura com câmara de ar e forro interno. Esta observação é válida também para os painéis, por isso, desenvolvemos a sobrecobertura.

Dos experimentos com o bambu firmou-se a decisão de trabalhá-los em fitas, formando feixes. Tal decisão se deu por dois motivos: abertos em fitas, facilita a visualização de larvas de insetos predadores, descartando as peças

danificadas. Ao trabalhar com feixes é mais fácil mensurar os esforços a que estão submetidos quando arqueados do que com o colmo. Num feixe, as fitas que o compõem contribuem solidariamente para o seu desempenho e, no caso da falha de alguma, as demais garantem a segurança da estrutura.

Quem trabalha com bambu sabe a importância de tratá-lo para a sua preservação. Dos experimentos no LILD livres de sais tóxicos, o de melhor resultado foi o da impregnação por solução de querosene, água e sal, efetuada mediante a perfuração dos septos com vergalhão. Apesar de ser uma técnica trabalhosa e feita com produto poluente, mesmo em pequena quantidade, os colmos assim tratados ainda permanecem íntegros depois de cinco anos. Dos experimentos realizados para esta tese, o que mostrou melhor resultado foi o da aplicação de uma camada de resina poliuretânica vegetal com areia sobre a superfície do colmo, apesar de não o defender caso já esteja inoculado por insetos predadores.

No caso de feixes de bambu é necessário que estejam com a curvatura desejada para aplicar a proteção com resina e areia, pois, depois de aplicada e seca, diminui a flexibilidade do feixe. Uma alternativa é aplica-la após a montagem da estrutura.

A amarração é um item importante nesse sistema construtivo, pois todas as ligações estruturais se dão através de nós, requerendo a feitura de muitos numa montagem. Portanto, a consistência das laçadas é fundamental para o travamento das peças estruturais. Isso exige do montador treinamento e prática para fortalecer as mãos, já que mãos cansadas ou com bolhas não conseguem dar o aperto necessário à fixação do nó, comprometendo o sistema estrutural. Daí a recomendação do uso de luvas de alpinista ou de ciclista.

Para atingir o isolamento térmico recomendado às vedações e coberturas com materiais delgados no clima quente e úmido, é necessário trabalhar com um sistema contendo câmaras de ar ventiladas e não apenas com um elemento. Os cálculos teóricos de transmissão de calor com os painéis e telha calhetão indicaram o uso dos *brises* como proteção externa (ver apêndices 5 a 12). Por isso, no decorrer do processo, incluiu-se uma sobrecobertura nesse sistema construtivo. Essa sobrecobertura impermeável cumpre dupla função: criar câmaras de ar acima da manta de vedação e desobrigar a manta de ser impermeável, para que *respire*.

No clima tropical úmido não basta minimizar o ingresso do calor exterior para o ambiente interno. Num dia quente, para se atingir o conforto higrotérmico numa edificação, a temperatura do ar interno tem que ser menor do que a temperatura do ar externo. Para conseguir este efeito introduzimos uma segunda câmara de ar úmida por baixo da sobrecobertura e faceando com a forração interna. A função desta câmara é promover com a passagem do ar a evaporação da água gotejada sobre o revestimento de pasta cal da forração, retirando calor de sua superfície, abaixando, consequentemente a temperatura da forração.

Nos experimentos de materiais para a sobrecobertura, o laminado de resina vegetal estruturado com gaze industrial e carga mineral mostrou-se leve, maleável, impermeável e aparentando resistência necessária ao uso a que se destina. Podendo ser moldado em placas planas ou em superfícies curvas. Para a superfície externa ser branca e conseguir melhor reflexão da radiação solar, deve-se utilizar resina com pigmentos brancos. O uso do filme plástico como isolante do molde mostrou-se apropriado, pois, além de cumprir sua função, ainda adere ao alumínio criando uma película protetora a ser retirada após a conclusão da montagem.

Por ser tratar de um sistema construtivo leve, não necessita de fundações, apenas de apoios superficiais e ancoragens para eventuais cabos. A experiência que tivemos durante uma ventania, com a estrutura já recoberta por papel de balão, é de o conjunto ser arrastado pela pressão do vento.

À medida que as soluções vão surgindo e se confirmando como viáveis, faz-se necessário que suas técnicas sejam difundidas, mediante a transmissão dos conhecimentos de fabrico e montagem de cada etapa alcançada nesse sistema construtivo. Como se demonstrou neste trabalho, a experiência adquirida com a permanência de um aprendiz no LILD comprova que são técnicas de fácil assimilação, bastando orientação e a apreensão dos gestuais necessários para fixar o aprendizado. Depois de um período de treinamento foi possível ao aprendiz transmitir as técnicas a outro, que por sua vez não teve dificuldade em assimilá-las.

Recomendações para futuros trabalhos

A maquete da “sala bolha” montada neste trabalho está em condição de teste aerodinâmico em túnel de vento. A simulação do comportamento em regime de

vento das câmaras de ar entre a sobrecobertura e a forração interna, assim como do cruzamento de ventilação no interior da sala através das aberturas, trarão subsídios aos seus dimensionamentos.

O desenvolvimento do subsistema da sobrecobertura é vital para se concretizar uma estrutura fechada. É a partir de sua solução – ou soluções – que estarão garantidos a proteção às intempéries e o conforto higrotérmico do ambiente interno. Requer uma solução estrutural que se acople à estrutura da vedação reforçando-a e que também suporte a estrutura da claraboia e os esforços aerodinâmicos.

Outro subsistema a ser desenvolvido é a claraboia e as escotilhas para permitir o controle do fluxo de ar, através das câmaras de ar e através do interior da construção. Implica solucionar os mecanismos de acionamento dos elementos móveis, além de definir os seus materiais e testá-los.

Deve-se ter em vista também, na busca das soluções construtivas, a posterior manutenção de cada subsistema, de modo que a reposição e reutilização de peças ou elementos, tanto por desgaste quanto por danos, seja simples e pouco onerosa. Isso levará, ao longo do processo, à confecção de manuais com procedimentos de utilização e manutenção dos sistemas, estabelecendo-se os cuidados a serem tomados durante a ocupação, as rotinas de manutenção e sua periodicidade, recursos indispensáveis à transmissão dessas tecnologias interativas, que se desenvolvem no desembaraço e liberdade de aplica-las.

O modelo de Catálogo de Composição de Serviços esboçado neste trabalho é proposto como um instrumento dinâmico, na medida em que estará aberto ao aperfeiçoamento e à complementação de seus itens, cabendo aos pesquisadores que vierem a trabalhar nesse sistema alimentá-lo com os resultados de suas pesquisas. A partir deste modelo pode-se montar uma planilha de serviços para que sejam apropriados os custos de materiais e de mão de obra de modo a compor um orçamento.

A captação e formação de mão de obra local podem ocorrer através de oficinas financiadas por prefeituras que se atenham ao desenvolvimento social. Nas políticas de governo, atualmente existe a Rede Nacional do Bambu¹.

¹ Rede Nacional do Bambu: rede voltada para o desenvolvimento de estudos e pesquisas do bambu no Brasil, vinculada à Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED/MCT (www.redebrasileiradobambu.com.br).