

## HABITAÇÃO TRANSITÓRIA BIOCLIMÁTICA DE BAMBU: Aprendizados através da Construção de um Protótipo

BECKER, Juliana <sup>1</sup>([julianabecker@usp.br](mailto:julianabecker@usp.br)); INO, Akemi<sup>1</sup> ([inoakemi@sc.usp.br](mailto:inoakemi@sc.usp.br)); SAVASTANO, Holmer<sup>1</sup> ([holmersj@usp.br](mailto:holmersj@usp.br)), SANTOS, Sérgio Francisco<sup>2</sup>. ([sergio.francisco-santos@unesp.br](mailto:sergio.francisco-santos@unesp.br))

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo (USP), Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

**Palavras-chave:** Bambu. Desastres climáticos. Prefabricação. Habitação transitória. Design Circular.

### Resumo

Em decorrência do aquecimento global, tornam-se ano a ano mais frequentes e intensos os desastres climáticos. Os mesmos são mais comuns em países onde já não há habitação e infraestrutura suficientes para sua população, sendo uma das consequências graves a falta de moradia para grande quantidade de pessoas. É comum que nestes países, sendo sua maioria países em desenvolvimento da zona tropical e subtropical, o bambu seja uma planta facilmente disponível e disseminada.

O presente artigo vem trazer o bambu como material construtivo, com seu alto potencial como solução para a construção de habitações transitórias pós desastres climáticos, sendo este um nicho que pode evidenciar o bambu como solução sustentável para substituição de materiais convencionais na construção civil. O presente artigo tem como objetivo apresentar o Projeto Arquitetônico e Protótipo em escala real para moradia transitória desenvolvidos em bambu como parte de pesquisa de doutorado, que se baseia nos conceitos de modularidade e desmontabilidade (Design for Disassembly - DFD), e no levantamento bibliográfico das construções prefabricadas em bambu e habitações transitórias em diversos materiais.

O Protótipo habitacional de 36m<sup>2</sup> trouxe soluções bioclimáticas, amigáveis ao meio ambiente, de baixo custo e fáceis de serem difundidas, para atender à crescente demanda social pós desastres climáticos. O mesmo foi implantado em terreno no campus da USP Pirassununga-SP, em formato de curso, com duração de 5 dias e participação de 12 pessoas e teve como objetivo verificar a construtibilidade do sistema e a participação dos usuários no processo de construção, aprofundando o desenvolvimento do mesmo e tornando-o mais facilmente assimilado por leigos. Ainda em fase de conclusão, a fase inicial de construção do Protótipo será aqui apresentada.

**Keywords:** Bamboo. Climate Disasters. Prefabrication. Temporary Housing. Circular Design.

### Abstract

Due to global warming, climate disasters become more frequent and intense year by year. They are most common in countries where there is already insufficient housing and infrastructure for their population, with one of the serious consequences being the lack of housing for a large number of people. It is common in these countries, the majority of which are developing countries in tropical and subtropical regions, for bamboo to be a readily available and widespread plant.

This article introduces bamboo as a construction material, highlighting its high potential as a solution for the construction of temporary housing after climate disasters. This is a niche that could showcase bamboo as a sustainable solution for replacing conventional materials in the construction industry. The aim of this article is to present the Architectural Project and full-scale Prototype for transitional housing developed in bamboo as part of doctoral research. The research is based on the concepts of modularity and disassembly (Design for Disassembly - DFD) and includes a literature review of prefabricated bamboo structures and transitional housing made from various materials.

The 36m<sup>2</sup> housing prototype incorporates bioclimatic solutions that are environmentally friendly, cost-effective, and easy to disseminate to meet the growing social demand after climate disasters. It was implemented on a plot of land on the USP Pirassununga-SP campus in the form of a course, lasting 5 days and involving 12 participants. The objective was to verify the constructability of the system and the participation of users in the construction process, further developing it and making it more easily understood by non-experts. The initial construction phase of the prototype is still in progress and will be presented here.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo faz parte de um projeto guarda-chuva de escala internacional intitulado de: *ADRELO: Advancing Resilience in Low Income Housing Using Climate-Change Science and Big Data Analytics*, o qual visa aumentar a resiliência das comunidades de baixa renda que vivem em áreas propensas a desastres. A pesquisa envolve equipes multidisciplinares de países como Reino Unido, Moçambique e Quênia. A equipe do Brasil envolve a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual Paulista (UNESP), sendo responsável pelas pesquisas envolvendo materiais e construções.

O foco geográfico da investigação está nas zonas costeiras baixas com alto risco de seca ou inundações em partes selecionadas do Brasil, África Oriental e América do Norte. A equipe do projeto também investiga as barreiras à adoção de tecnologia e os impulsionadores da difusão por meio do projeto e da prototipagem de um sistema habitacional acessível, resiliente a desastres e de baixo custo, que use materiais sustentáveis de recursos locais. O projeto defende que o desenvolvimento de espaços urbanos é uma função da localização geográfica, história econômica, de padrão de desenvolvimento urbano e a governança terá influência em sua resiliência (Arup, 2015). O desenvolvimento (ou a falta dele) de um centro urbano é resultado das desigualdades sociais, econômicas e políticas existentes. Pacotes de políticas para preparação para desastres que não consideram as circunstâncias únicas de populações vulneráveis podem inadvertidamente causar danos a famílias de baixa renda.

### 1.1 Desastres Climáticos e Impacto Ambiental

Em decorrência do aquecimento global, eventos climáticos extremos têm se tornado cada vez mais comuns no mundo inteiro, representando riscos para os ecossistemas e sistemas humanos. Em 2015, o Brasil era o único país das Américas a estar na lista dos 10 países com maior número de pessoas afetadas por desastres naturais entre os anos de 1995 a 2015. Segundo último relatório do IPCC (2023), eventos como secas, inundações e deslizamentos tendem a ser mais frequentes e mais graves, com muitas consequências negativas para sua população e deixando muitos desabrigados. O mesmo comprova que estas mudanças climáticas provêm de ações

antropogênicas, com a queima de combustíveis fósseis e o uso insustentável de energia e do solo, sendo a construção civil uma das principais responsáveis por este impacto.

As ajudas humanitárias são primordiais para salvar vidas e dar condições de saúde e dignidade às vítimas. Apesar de ser este o principal objetivo da ação humanitária, esses esforços podem também trazer impactos ambientais não intencionais. Altas demandas de energia e emissões de gases de efeito estufa acontecem na fabricação e transporte de materiais de ajuda, principalmente quando os mesmos acontecem em grande escala.

Kuittinen (2015) faz um levantamento da pegada de carbono e demanda de energia primária dos materiais de 8 sistemas construtivos para habitação transitória. As pegadas de carbono mais baixas foram encontradas em modelos de construções feitas de bambu ou madeira. As maiores emissões foram causadas por abrigos que têm uma vida útil curta ou que são feitos de estruturas com grande quantidade de metal. As partes das construções que mais contribuíram para seu impacto ambiental foram a fundação, normalmente construída com concreto, e o fechamento/vedações, considerada esta uma nova descoberta de pesquisa. Neste caso, o impacto é explicado pelo fato de estes materiais serem usualmente metal ou de plástico. Escamilla (2015) também comprova a eficiência ambiental do bambu em seu artigo sobre habitações pós desastres climáticos. Este tema é confirmado, expandindo este tema para habitações sociais permanentes em seu artigo de 2016.

Assim sendo, é crucial minimizar os impactos ambientais da ajuda humanitária sem comprometer a sua eficiência e eficácia, contribuindo assim para a sustentabilidade e resiliência de longo prazo das comunidades afetadas.

## 1.2 Habitação Transitória

Segundo *Transitional shelter: eight designs*, as habitações transitórias tem o papel de apoiar pessoas afetadas pelos desastres climáticos entre o momento emergencial de desabrigo e o momento onde estas pessoas são capazes de construir habitações permanentes. Enquanto as habitações emergenciais podem durar semanas ou no máximo, meses, a habitação transitória apresenta inicialmente uma durabilidade mediana, de 1 a 5 anos. Se bem projetadas, os materiais destas habitações transitórias podem ser reutilizados para o abrigo permanente. Outra opção seria dar um *upgrade* na própria construção, trocando alguns materiais e permitindo que a mesma venha a apresentar uma durabilidade maior. Abaixo, a figura 1 exemplifica a evolução destas diferentes durabilidades de habitação, segundo mesma referência bibliográfica.

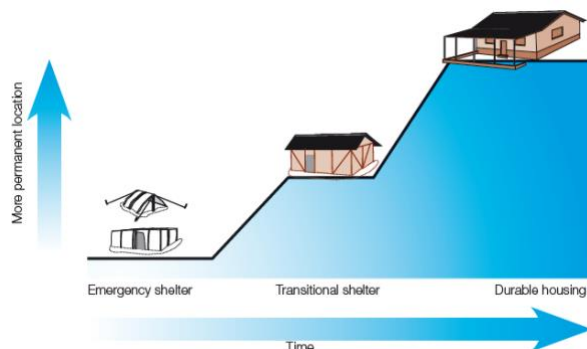


Figura 1. Evolução dos tipos de habitação pós desastres climáticos

Uma habitação transitória de êxito precisa balancear diferentes fatores. Soluções projetuais são normalmente específicas para o contexto onde se encontram, e por isso não se pode generalizar nenhuma solução de projeto.

### 1.3 O Bambu como Material Construtivo

O bambu vem, assim, responder a muitas das questões aqui abertas. Este recurso natural tão versátil, que se adapta a uma diversidade de condições edafoclimáticas em quase todo o planeta, pode ser uma opção viável e ambientalmente correta para a substituição de materiais convencionais de construção (LUGT, 2006, 2017). Suas características de resistência aliadas ao seu super rápido crescimento o fazem ser visto por muitos como um material de construção exemplar, nesta nova era de preocupações ambientais. “Se projetássemos um material de construção ideal, ele se pareceria com o bambu”, segundo cita o engenheiro Neil Thomas em palestra em Bali no curso Bamboo U de 2015.

O bambu, em conjunto com a madeira, são os únicos materiais construtivos de origem renovável com uso versátil, podendo ser usados como elementos estruturais em uma obra. As construções em bambu e madeira são chamadas de carbono-eficientes, pois as mesmas fixam na biosfera o carbono absorvido durante a formação da planta, o qual é mantido ao longo da vida útil da mesma. Em outras palavras, durante sua existência, estes edifícios apresentam a diferença entre a taxa de emissão e de absorção de gases de efeito estufa neutra ou negativa, diferente dos materiais construtivos convencionais, que apresentam altas taxas de emissão de gases de efeito estufa (GEE) ao longo de seu ciclo de vida. Em outras palavras, os materiais construtivos de origem vegetal e renovável permitem fechar seu ciclo de vida, pois retornam à natureza após seu descarte, contribuindo para a circularidade do processo (*Cradle to Cradle*).

No entanto, para que isso ocorra, este material de origem renovável deve ser bem administrado ao longo de todo seu ciclo de vida, com seu correto manuseio e gerenciamento desde a fase de manejo, tratamento, produção, aplicação, manutenção, até a fase de reuso, reciclagem ou descarte final (BERRIEL, 2009).

O bambu tem outra vantagem quando se trata de desastres naturais, que é a contenção de encostas. Isso foi comprovado durante as chuvas históricas ocorridas no município de São Sebastião-SP em fevereiro/2023. Onde havia bambu plantado, as casas se mantiveram de pé e não houve mortos.

## 2 OBJETIVOS

Diante do exposto, a proposta deste trabalho é apresentar uma nova solução de habitação transitória, propondo a utilização de um material renovável, ambientalmente correto e de fácil manuseio para que possam ser construídos com a agilidade necessária para atender a demanda em casos emergenciais.

A presente pesquisa teve como objetivos:

- Prover habitação de qualidade para desabrigados;
- Introduzir o uso de bambu para construção em áreas afetadas por desastres;
- Introduzir tecnologias simples e baratas que possam contribuir para a melhoria da qualidade de vida das vítimas, incluindo capacitação das comunidades no uso dessas tecnologias;

- Criar um sistema construtivo social e economicamente acessível;
- Colocar em prática os Princípios do Design Circular (*Cradle to Cradle*);
- Utilizar o Projeto para Desmontagem (DFD – *Design for Disassembly*) como ferramenta para desenvolver tais sistemas construtivos;
- Estimular o desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu;
- Evidenciar o bambu como um material construtivo e incentivá-lo, contrariando o preconceito existente.

### 3 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Os caminhos metodológicos principais foram divididos entre atividades teóricas e práticas. A parte teórica envolveu desde estudos de sistemas construtivos prefabricados em bambu, sistemas construtivos para habitações transitórias em diversos materiais, assim como estudos sobre modularidade e desmontabilidade (*Design for Disassembly* - DFD). Já a parte prática envolveu a criação de um projeto arquitetônico bioclimático adaptado à realidade socioeconômica do Brasil e logo, a construção do protótipo, a fim de entender na prática as qualidades e os pontos a serem melhorados para o mesmo.

### 4 RESULTADOS

O presente artigo priorizou a parte prática da pesquisa e pelo curto espaço, precisou desconsiderar a parte do levantamento bibliográfico realizado, sobre habitações transitórias, sistemas construtivos prefabricados em bambu, modularidade e DFD.

#### 4.1 O Projeto Arquitetônico desenvolvido

O Projeto Arquitetônico foi desenvolvido utilizando-se do potencial do bambu como material construtivo, a fim de evidenciar suas qualidades, sua versatilidade e incentivar seu uso. O projeto foi desenhado de acordo com a coordenação modular em uma área interna de 36m<sup>2</sup>, mais 18m<sup>2</sup> de área externa. Os painéis modulares têm então um papel estrutural, sendo que as *esterillas* de bambu funcionam como travamento e contraventamento dos montantes verticais que recebem a carga da cobertura.

Alguns critérios utilizados para o desenvolvimento do Projeto:

- **Modularidade:** facilmente adaptado a modificações, assim como a materiais construtivos existentes no mercado, caso sua compatibilidade seja necessária;
- **Facilidade de construção:** para inclusão dos usuários no processo construtivo e seu aprendizado, com transferência de tecnologia para futuras replicações;
- **Prefabricação:** o sistema é baseado em painéis prefabricados, sendo que esta prefabricação pode ser feita em canteiro ou antes de chegar ao local da obra;
- **Desmontabilidade:** Todas as conexões são a seco e parafusadas, para facilitar o posterior reuso;
- **Conforto ambiental:** Projeto com estratégias passivas de conforto térmico e lumínico, considerando o clima onde foi implantado;

Abaixo, os diferentes módulos de painéis, com o padrão de dimensões que compõem o projeto:

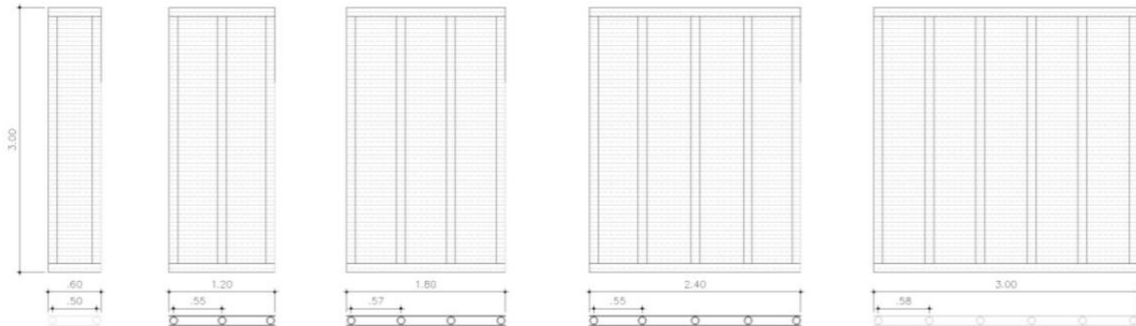


Figura 2. Painéis Padrão protótipo.

A durabilidade desta obra será determinada pelo tratamento dos bambus utilizados e qualidade dos colmos selecionados, tanto para os elementos verticais quanto para as esterillas de fechamento (idade, corte correto, etc.). As conexões parafusadas foram utilizadas de tal forma que aceitassem que elementos da obra possam ser substituídos ao longo do tempo, permitindo inclusive que esta obra se converta em uma habitação permanente. Dentro dos painéis será possível passar instalações elétricas e hidráulicas, o que também permite facilidade de acesso às mesmas e sua consequente manutenção. Abaixo, o projeto arquitetônico é apresentado, com plantas (Fig.3) e elevações (Fig.4), com a explicação da distribuição dos painéis da elevação D.

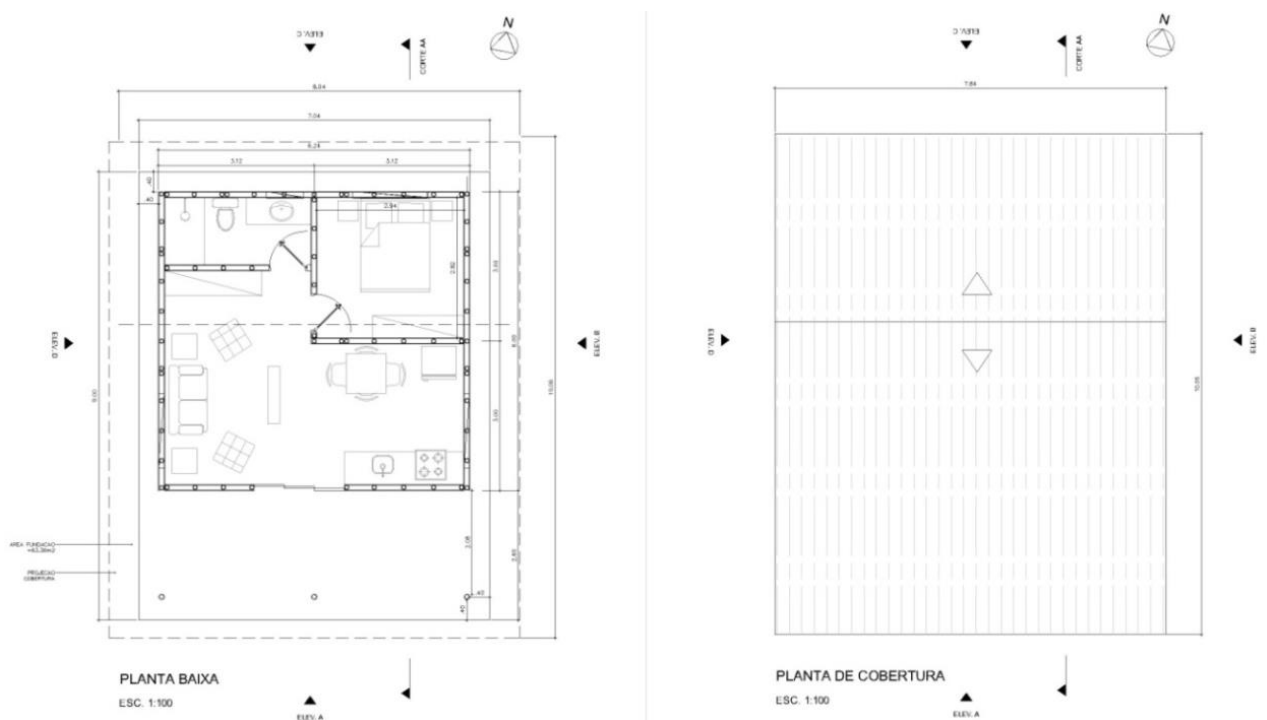


Figura 3. Planta Baixa e Planta de Cobertura do protótipo.

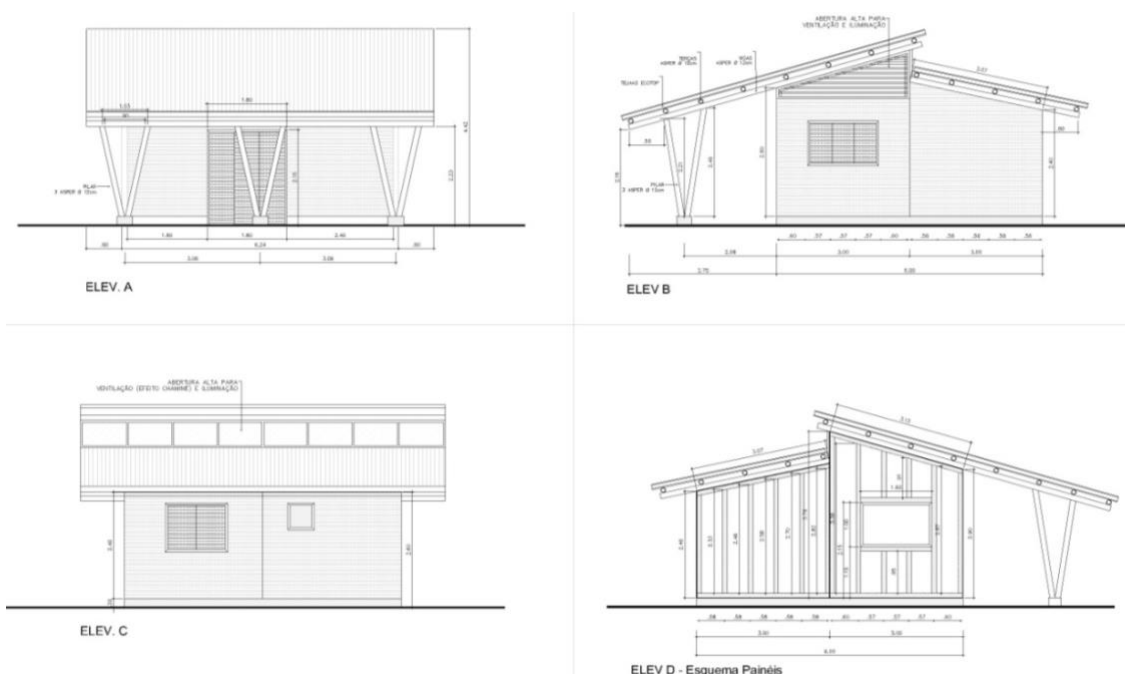


Figura 4. Elevações A, B, C e D (esta com esquema de desenhos de painéis)

## 4.2 A Construção do Protótipo

O protótipo foi desenvolvido num curso sobre construção em bambu ministrado pelo eng. Bruno Sales, no campus da USP de Pirassununga, com a participação de 15 pessoas. Este grupo foi composto de pessoas de diversos países, incluindo, além de Brasil, Irã, Reino Unido, Quênia e Moçambique. A diversidade de conhecimentos dos participantes, com diferentes formações, experiências e nacionalidades enriqueceu o processo e pôde-se avaliar que as pessoas que desconheciam o bambu tiveram em geral facilidade de trabalhar com o mesmo. A parte prática do curso foi então a construção da fase 02 do protótipo com duração de 5 dias, seguida da fase 01 (fundação), realizada uma semana antes. No presente artigo, é descrita a fase 02, que inclui o volume principal, com parte das divisórias internas e também a cobertura. A varanda e acabamentos ficaram para uma etapa posterior.

### Materiais:

- Estrutura painéis (montantes): *Phyllostachys pubescens* Ø 10cm (tratamento com ácido bórico e sulfato de cobre – 2:1);
- Fechamento painéis: *esterillas* (esteiras de bambu aberto) de *Dendrocalamus asper* (tratamento com octoborato);
- Estrutura cobertura: *Dendrocalamus asper* Ø 15cm (tratamento com ácido bórico e sulfato de cobre);
- Preenchimento dos painéis: lona plástica;
- Cobertura: Telhas de material de pasta de dente reciclado;
- Fundação: Laje radier em concreto armado;
- Esquadrias: janelas e portas em madeira;

- Conexões: parafusos, barra roscada, porca e arruelas, arame;
- Equipamentos utilizados/Ferramentas: Serrote, parafusadeira, arco de serra, formão, martelo, sabre, trena, tico-tico, esquadro, nível, andaime;
- Equipamentos de proteção individual: óculos, luvas, capacetes, cinto com talabarte.



**Figura 5.** Fundação e painel somente com ossatura.

Os painéis haviam sido projetados para serem montados de acordo com os tamanhos dos módulos, de acordo com a figura 02, o que apresentou-se como barreira à praticidade e agilidade do processo, qualidades necessárias quando se trata de habitações emergenciais. Assim, decidiu-se pré-montar no canteiro painéis maiores, a fim de diminuir o número de conexões. Desta forma, os painéis foram construídos todos com 3 metros de comprimento/largura (o módulo maior da Fig.02), com alturas variáveis, se adequando ao projeto. Na instalação dos painéis, foram feitos dois experimentos: um instalando o painel completo, com as *esterillas* parafusadas sobre o bambu mossô, e outra somente com a ossatura de bambu mossô, sendo as *esterillas* instaladas posteriormente, na vertical. A primeira opção mostrou-se demasiado pesada e mais perigosa ao transportar os painéis, sendo a segunda opção mais adequada.



**Figura 6.** Exemplo de painéis sendo instalados, parte com esterilla e parte sem.



Todos os painéis foram construídos com a esterilla com seu lado mais permeável voltado para dentro do painel, permitindo que seu lado impermeável seja pintado de *stain* ou tinta, sendo este já o acabamento final da parede, com exceção de uma parede, uma das internas do dormitório, que foi colocada com a parte permeável do bambu para fora do painel. Isto foi feito para que a mesma recebesse uma camada de *calfitice*, uma espécie de acabamento de adobe feito sobre a esterilla (ver Fig. 7). Caso feito sobre a superfície impermeável do bambu, o mesmo rejeitaria o acabamento.



Figura 7. Painel com esterilla para receber calfitice e painel com *calfitice*.



Figura 8. Escaneamentos 3D do resultado final da fase 01 do protótipo construído

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Somando as conclusões tiradas ao longo do processo da fase 2, mais o desenvolvimento da fase 3, prevista para segundo semestre de 2023, será possível criar um caderno de diretrizes para a colocação em prática deste método construtivo. A fase 3 será importante também para que se possa instrumentar a casa para futuras análises físico-mecânicas e de conforto ambiental.

Em suma, concluiu-se que o bambu é um material adequado a este tipo de construção e este sistema construtivo é fácil de ser disseminado por pessoas sem conhecimentos específicos sobre este material, contribuindo para a sustentabilidade não só do setor da construção civil, mas

também de ajudas humanitárias e construções de habitações transitórias, provendo habitação de qualidade e qualidade de vida às vítimas. Diante disto, os objetivos de promover o bambu como material construtivo, estimulando sua cadeia produtiva, além de colocar em prática os princípios do design circular, são alcançados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berriel, A (2009). Arquitetura de madeira: reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos. 363p. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná: Curitiba;

C40 Cities, and Arup (2015): Climate Action in Megacities 3.0. C40 Cities-Arup Partnership, London, UK;

Escamilla, E, Habert, G (2015). Global or local construction materials for post-disaster reconstruction? Sustainability assessment of 20 post-disaster shelter designs. In: Building and Environment 92: p. 692-702;

Escamilla, E. et. Al. (2016). When CO2 counts: sustainability assessment of industrialized bamboo as an alternative for social housing programs in the Philippines. ETHZ, Zurich. In: Building and Environment. Elsevier;

Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6);

Lugt, P. V., Dobbelsteen, A. V., Janssen, J (2006). An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures. In: Construction and Building Materials, n.20, p. 648-656, 2006;

Lugt, P. V. D. (2017). Booming Bamboo: The (re)discovery of a sustainable material with endless possibilities. INBAR publication. Naarden, Holanda: Materia Exhibitions B.V.;

Transitional shelter: eight designs (2011). International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva. Disponível em: <https://sheltercluster.org>. Acesso em maio/2023;

Kuittinen, M; Winter, S (2015). Carbon Footprint of Transitional Shelters. In: J Disaster Risk Sci 6, 226–237;

Página web: <https://www.archdaily.com.br/br/885322/se-projetassemos-um-material-de-construcao-ideal-ele-se-pareceria-com-o-bambu>. Acesso em 20/04/2023;

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a toda equipe envolvida no Projeto ADRELO (FAPESP 2019/23603-9), à equipe Habis (IAU-USP), a toda equipe envolvida na organização do curso de construção com bambu, à equipe da USP-Pirassununga e a todas os participantes do curso.