

CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES

Bamboo productive chain for houses construction

Lisiane Ilha Librelotto, Dr. UFSC/PósARQ

lisiane.librelotto@gmail.com

Franchesca Medina, Graduação ARQ/UFSC

fr.medn@gmail.com

Emanuele Castro, Graduação ARQ/UFSC

emanuele.cn@hotmail.com

Natália Geral, Graduação ARQ/UFSC

natalia.vgeraldo@gmail.com

Helena Bártolo, Ph. D. IPLeiria/ Portugal

helenabartolo@ipleiria.pt

Resumo

Neste artigo é apresentado o tema sobre a cadeia produtiva do bambu. Analisou-se a viabilidade do uso de componentes pré-moldados para construção de habitações sustentáveis no âmbito brasileiro. Como método da pesquisa, utilizou-se a revisão da literatura sobre os processos de produção, tratamento e uso do bambu como material na construção civil brasileira. Como objeto de análise do desenvolvimento da cadeia produtiva, utilizou-se um protótipo de habitação em bambu, realizado em pesquisa anterior, como base no qual foi proposto o desenvolvimento de um habitação modular em bambu. Ao final da pesquisa percebeu-se que para alcançar a sustentabilidade no uso do bambu é preciso integrar todas as fases da cadeia produtiva e incentivar as boas práticas, incluindo o projeto e execução da habitação.

Palavras-chave: Bambu; Habitação; Cadeia Produtiva.

Abstract

This paper presents the theme of the bamboo production chain. The objective was analyze the feasibility of using pre-molded components for sustainable housing construction in Brazil. The first step of the research method was literature review about production processes, treatment and use of bamboo as a material in brazilian civil construction. It was analyzed the development of the production chain for building a prototype of bamboo housing, carried out in previous research, as a basis for propose a modular bamboo housing. The research indicated that to achieve sustainability in the use of bamboo is possible by integration of all stages of the production chain and by adoption of good practices, including the design and construction of housing.

Keywords: Bamboo; Housing; Productive chain.

1. Introdução

Diante do cenário atual da construção civil, do déficit habitacional e da urgência pela construção de edificações advindas da densificação populacional, é indispensável uma nova forma de pensar engenharia e arquitetura para o futuro da construção, de forma otimizada e principalmente sustentável.

Dentre a vasta possibilidade de materiais renováveis e de baixo impacto, destaca-se o Bambu, como um material renovável que conta com cerca de 1300 espécies ao redor do mundo (DRUMOND e WIEDMAN, 2017) e mais de 1600 de acordo com o INBAR. Só no Brasil são cerca de 250 espécies (endêmicas ou introduzidas), que podem ser utilizadas na alimentação, em produtos ou construção de edificações, dentre outras muitas finalidades. O bambu apresenta rápido crescimento, armazena carbono e possui grande resistência mecânica, sendo considerado um material com baixo impacto ambiental, viabilidade econômica e técnica com grande possibilidade de assimilação social.

Desta forma, esta pesquisa assume como tema a cadeia produtiva do bambu, na realidade brasileira, para o estado de Santa Catarina, com foco em construção de habitações sustentáveis. Atualmente a cadeia produtiva do bambu se encontra em fase de consolidação, considerando que esse material requer um conhecimento acerca das propriedades de cada espécie, suas características de utilização, garantia de fornecimento de acordo com as idades, assim como do tratamento para preservação utilizado. Necessita de fornecedores qualificados capazes de assegurar a procedência do produto e mão de obra habilitada para manuseio. Necessita ainda de equipamentos que possam assegurar uma produção industrial ou artesanal qualificada.

Muitas são as possibilidades de geração de produtos em cada etapa da cadeia e preenchimento das lacunas de agregação de valor, que ocorrem desde a produção de mudas e plantio até a distribuição dos produtos beneficiados. Somando-se às vantagens ecológicas que o bambu já apresenta, percebe-se sua fácil conexão com a economia e o desenvolvimento social.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que teve como objetivo analisar a viabilidade de produção de componentes pré-moldados para habitações mais sustentáveis pelo estudo da cadeia produtiva brasileira, apontando seus atores, identificando as falhas e potencialidades, motivando o estabelecimento de cooperação técnica; e, entendendo sua correlação com a economia circular e criativa, com os fatores condicionantes de competitividade e de geração de renda.

2. Revisão de literatura

É evidente a constatação de que as diversas fases de construção de uma habitação precisam respeitar o meio ambiente, resgatando questões como a extração de matéria-prima e seus impactos ambientais, a máxima e melhor utilização dos recursos materiais, a redução/eliminação dos desperdícios; as questões da qualidade do material (físico-químicas), conforto do usuário (isolamento térmico acústico, manutenção e substituição); e a busca de materiais de baixo custo financeiro. Também devem privilegiar o uso de recursos regionais para sua construção e prever a facilidade de manutenção, bem como assegurar o

reúso ou descarte seguro de resíduos na construção como forma de reduzir o volume de entulho da própria indústria depositado em aterros ou ainda, oriundo de outras indústrias.

O entendimento sobre os processos de produção, tratamento e uso do bambu como material na construção civil brasileira, ainda é incipiente. Muitos estudos têm sido feitos, dispersos nos estados brasileiros e com pouca divulgação nacional. Para que seja possível alcançar a sustentabilidade do emprego do bambu é preciso integrar todas as fases da cadeia produtiva e incentivar as boas práticas: manejo das plantações, utilização de resíduos da poda, preservação natural (preferencialmente sem agredir o meio ambiente e a saúde humana), equipamentos eficientes para o beneficiamento e produção de materiais primários, semi-elaborados ou de maior valor agregado e por fim, a comercialização e uso dos componentes na produção habitacional.

O conceito de cadeia produtiva visa um reconhecimento sistêmico e global de determinado processo de produção. Segundo Roessing (2002), o uso desse conceito significa incorporar à análise o conjunto dos atores envolvidos na atividade de produção primária, de industrialização, de transporte e comercialização, de distribuição e de consumo, as quais fazem parte das atividades básicas da cadeia.

Pesquisadores, como Librelotto e outros (2019), têm estudado as etapas desta cadeia, dispondo de conhecimento específico para viabilizar o emprego de bambu na construção, logicamente, dentro de suas áreas de conhecimento. Assim a viabilidade do emprego do bambu como material de construção requer a atuação interdisciplinar dos agentes, nas etapas da cadeia que são: - silvicultura – produção do bambu no viveiro, plantação e identificação de touceiras naturais; - colheita e pós-colheita – determinação da idade, data e hora para colheita; limpeza e retirada das folhas, empilhamento e transporte; preservação, armazenamento e conservação; - usos e processos de transformação como foco na construção de habitações (excluindo mobiliários), com produtos e usos primários (com bambu roliço e produtos naturais fracionados); produtos semi-elaborados (esteiras, pisos e laminados); produtos de maior valor agregado (esquadrias, painéis, treliças para coberturas, entre outros); -comercialização e consumo – rede de distribuição para comercialização dos componentes fabricados, estratégias de comercialização e possibilidades de emprego em produtos complexos; - projeto e construção; - uso, reúso e desmonte – manutenção, preservação, condições de projeto para desmontagem das estruturas e reaproveitamento ou mesmo destinação final, devem ser considerados nesta etapa.

2.1 O Bambu

O Bambu é uma gramínea de rápido crescimento, taxonomicamente se encontra no reino *Plantae*, na família *Poaceae* (Angiospermas Monocotiledôneas), e na subfamília *Bambusoideae*. Essa subfamília se espalhou facilmente pelo globo, pois se desenvolve bem entre 460 N e 470 S de latitude, em altitudes variáveis desde o nível do mar até 4.300 m (JUDZIEWICZ et al. 1999) sendo portanto de fácil adaptação.

Partindo da subfamília *Bambusoideae*, se originam três tribos: *Arundinarieae*, *Bambuseae* e *Olyreae*, as duas últimas com representação nacional. Os bambus da *Arundinarieae* ocorrem em áreas com climas temperados quentes no sudeste da América do Norte, África Subsaariana, sul e leste da Ásia e leste da Ásia.

Segundo Librelotto e outros (2019), o Brasil possui a segunda maior biodiversidade em bambus no mundo, sendo superado apenas pela China. De acordo com a Rede Internacional de Bambu e Rattan (INBAR, 2018), o mercado mundial de bambu movimenta mais de US\$ 60 bilhões por ano. Com a grande diversidade de bambu no território brasileiro e a aptidão de sua população para a agricultura e a criatividade, pode-se observar o potencial econômico que este material tropical representa para o desenvolvimento do País.

2.2 Tipos e Usos do Bambu no Brasil

Ribeiro (2005) divide as possibilidades de usos do bambu em 10 categorias: Agricultura, Arquitetura, Arte e Cultura, Culinária, Artesanato, Móveis, Papel, Transporte, Medicina e, Combustão e Bioenergia.

Considerando questões como o clima e a altitude, segundo Grecco e Cromberg (2011) algumas espécies já existentes e indicadas para cultivo no Brasil são: *Bambusa multiplex*; *Bambusa oldhamii munro*; *Bambusa textiles*; *Bambusa tuldoides*; *Bambusa tulda*; *Bambusa vulgaris*; *Dendrocalamus giganteus*; *Dendrocalamus asper*; *Dendrocalamus latiflorus*; *Guadua augustifolia*; *Guadua chacoensis*; *Melocanna baccífera*; *Phyllostachys pubescens*; *Phyllostachys bambusoides*; *Phyllostachyus nigra* var. *henonis* e *Phyllostachyus aurea*. Algumas destas espécies foram catalogadas e as informações estão disponível no site da materioteca da UFSC, assim como o análise do ciclo de vida do material (<https://materioteca.paginas.ufsc.br/bambu/>).

2.3. Construção sustentável com bambu

Uma edificação para ser sustentável, ou mais sustentável, precisa ser projetada de forma a se pensar na efetividade do uso dos recursos. Alguns dos tópicos que moldam a edificação seriam a gestão da água e dos resíduos, conforto termoacústico, gestão da energia, canteiros de baixo impacto, aspectos sociais e culturais incorporados no projeto e a escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos considerando seu caráter regional. Esse último tópico visa a utilização de materiais com baixo impacto ambiental em seu ciclo de vida, desde a sua extração, beneficiamento, fabricação, até a sua aplicação na obra dentro de um sistema construtivo, tal como a sua eficiência, durabilidade e possibilidade de reciclagem futura e que estejam disponíveis localmente em termo de cultivo do material e domínio de tecnologia para produção.

Dentre a vasta possibilidade de materiais renováveis e de baixo impacto, o bambu desponta neste cenário como um material renovável. O material apresenta rápido crescimento, armazena carbono e possui grande resistência, sendo considerado um material com baixo impacto ambiental, viabilidade econômica, mecânica e técnica com grande possibilidade de assimilação social.

É um material de uso milenar para a construção em algumas culturas orientais, que no decorrer dos séculos vem se aperfeiçoando e inovando, alguns exemplos contemporâneos podem ser observados em Bali, no Hotel *Suarga Padanga Padanga* e outras mais arrojadas, como é o exemplo da casa *Hideout Bali* (Figura 1).



Hotel Suarga Padanga Padanga

Casa Hideout Bali

Figura 1: Construções em bambu no mundo. Fonte: ALOHA EVE; LUXURYHUNT.

Existem alguns arquitetos brasileiros trabalhando com o material, um exemplo é o do escritório Amima Arquitetura, responsável pelo projeto do Centro Max Feffer de Cultura e Sustentabilidade localizado no município de Pardinho, em São Paulo, e o Escritório CRU!Architects, com projeto do Centro Comunitário Cambury (Figura 2), em Ubatuba, para áreas de reserva ecológica.



Centro Max Feffer Cultura e Sustentabilidade

Centro Comunitário Cambury

Figura 2: Projetos em bambu, arquitetura Brasileira. Fonte: Galeria da Arquitetura.

2.4. Uso de bambu em componentes pré-moldados ou pré-fabricados

Muitas são as vantagens da utilização de pré-fabricados (em fábricas) e pré-moldados (no próprio canteiro de obras) na construção civil, entre elas a previsibilidade de custos, a otimização de gestão da obra, a rapidez na execução de tarefas, a sustentabilidade na obra devido ao desperdício reduzido, entre outros. Entretanto, os trabalhos de pré-moldagem em bambu assumem um caráter um pouco diferente, pela dificuldade de repetição da peça. Desta forma requer um trabalho de pré-montagem, pois cada colmo possui diâmetro e linearidade específicas, mesmo que se possa assumir uma padrão de diâmetro e crescimento para a espécie.

Segundo Teixeira (2009), os painéis de bambu podem ser classificados em duas categorias: artesanais e pré-fabricados. Essa autora não utiliza o conceito de pré-moldado (moldado previamente no próprio canteiro de obras).

Nos painéis artesanais destacam-se: de bambus estacados; bambus em esteiras; bambus em esteiras com desenhos decorativos; painéis feitos de esteiras com desenhos decorativos, de bambu vazado; painéis de bambu preenchidos com barro (taipas de mão ou pau a pique); painéis estilo *bahareque* com esteiras duplas; painéis tensionados (molduras de bambu e arames farpados fixados na horizontal ou diagonal da estrutura). (MEDINA; LIBRELOTTO, 2019).

No que se refere ao painéis de bambu pré-fabricados, podem ser usados painéis com moldura de madeira e canas ou varas de bambu (TEIXEIRA, 2009), painéis pré-fabricados com esterillas (*esterillas* ou bambu planificado) de bambu: Essas esteiras de bambu (como são chamadas no Brasil) são utilizadas para a fabricação de forros, formas de concreto, pisos, móveis e painéis de vedação. São feitas a partir da planificação do bambu, da remoção dos nós e abertura dos colmos, com o intuito de se formarem tábuas. Segundo Teixeira (2009) as esteiras são a base mais utilizada no Equador, podendo estar rebocadas ou aparentes.

2.5 Protótipo habitacional em bambu na UFSC

O trabalho de Vitor (2018) consistiu em construir um protótipo detalhado com quatro painéis modulares de bambu com os conceitos de flexibilidade, adaptabilidade e modularidade possibilitando que a moradia possa ser expandida facilmente, conforme desejado pelo morador, através da replicação dos painéis. Para isso, foram definidos 4 painéis: norte com 1 metro de comprimento com abertura para porta; painel cego sul com 1 m de comprimento; painel leste com 2 m de comprimento e abertura para a janela e, painel oeste, com 2 m de comprimento sendo, metade fechado e metade com abertura para janela.

Os painéis foram todos construídos 3 tipos de bambus *Bambusa tuldooides*, *Dendrocalamus asper* e *Bambusa Oldhami*. Para os encaixes entre os bambus, Vitor (2018) utilizou o tradicional encaixe “boca de peixe”, feitos com serra copo do diâmetro da peça e travados com barra roscada. Para o contraventamento o autor utilizou o encaixe “bico de flauta”. Todos os painéis modulares em bambu possuem 1,50 m de altura, deixando única e exclusivamente os pilares estruturais com 1,75 m de altura para posteriormente receberem a estrutura da cobertura.

3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa assumiu como unidade de análise as diferentes etapas da cadeia produtiva do bambu: do produtor até a modelagem de um protótipo habitacional e avaliação do resultado obtido. Como estratégia metodológica, utilizou-se como base o estudo da cadeia produtiva do Bambu no Equador (ANÁZCO; ROJAS; 2015).

As análises permitiram compor o cenário de experiências, com foco no estudo da cadeia produtiva do bambu no Brasil, essencialmente Sul/Sudeste Brasileiro, respectivamente nas atividades de silvicultura, setor agropecuário e agroexportador; habitações; artesanais, indústrias, unidades de comercialização, beneficiamento e pesquisa no tema.

Posteriormente, propôs-se um protótipo digital baseado no trabalho desenvolvido por Vitor (2018), com a intenção de validar a utilização do bambu para construção de habitações com o uso de componentes pré-moldados.

Foi possível ainda elaborar lista de consulta sobre o estado da arte do bambu no Sul e Sudeste do Brasil, catalogar a cadeia produtiva do bambu dentro de um cenário de economia circular e listar as possibilidades de utilização comercial do bambu com foco na construção civil. Estes resultados estão documentados no relatório completo desta pesquisa. (MEDINA; LIBRELOTTO, 2019).

4. Resultados

4.1 Caracterização das etapas da cadeia produtiva

A) Propagação - Segundo Azzini e Ciaramello (1971), a obtenção de mudas é a primeira das dificuldades na implantação da cultura do bambu em larga escala, visto que atualmente os métodos de propagação utilizados se baseiam na subdivisão das touceiras ou no plantio de pedaços de colmos dificultando a velocidade e a otimização da cadeia produtiva.

Dentre os métodos sexuais, torna-se inviável a utilização de sementes, de acordo com autores como Azzini e outros (1982), Kigomo (2007) e Cortes (2013) pois a planta pode demorar até 60 anos para florescer, considerando também que a semente é viável apenas por algumas semanas, além das plantas delas originadas apresentarem crescimento muito lento.

Já a reprodução assexuada, se caracteriza pela utilização de partes do bambu como pedaços de rizomas, raízes e segmentos de caule em crescimento. Alguns experimentos feitos por Azzini e Salgado (1993) demonstraram que, partindo de três tipos de material meristemático (grupo de células que faz com que a planta cresça), a maior porcentagem de enraizamento foi obtida com as placas de colmo. Essa propagação pode ser realizada por meio da divisão das touceiras, no momento da colheita, o que configura uma circularidade e baixo desperdício da planta.

Existem também já aplicados e em estudos outros métodos de propagação, como por exemplo o método por meio de *chusquines* ou método colombiano (CASTAÑO; MORENO, 2004; FAO, 2007; CORTES, 2013) e Propagação *in vitro* (TORRES e outros, 1998; CIDd, 2001; GENEROSO, 2014; ORNELLAS e outros, 2017).

Em pesquisa realizada em sites de busca, encontra-se mudas para venda, entre elas a Escola de Bioarquitetura e Centro de Pesquisa e Tecnologia Experimental em Bambu (Ebiobambu), que conta com um catálogo de mais 32 espécies de bambu disponíveis.

B) Manejo - Para uma colheita em grande escala e de qualidade é importante se atentar para as etapas do manejo, entre elas: Preparo do solo; Roçada manual ou mecanizada (CHRISTANTY e outros 1996), aplicação mecanizada de herbicida; combate de formigas cortadeiras e cupins; tipo de solo e correção do pH (AZZINI; CIARAMELO, 1971); Subsolação; Adubação; Espaçamento de mudas; Coveamento manual e mecanizado.

Alguns parâmetros para perceber a qualidade das mudas são: a uniformidade de altura entre as mudas do lote, rigidez da haste principal, aspecto visual vigoroso, principalmente nas folhas, ausência de estiolamento, ausência de pragas e doenças na folha, no caule e nas raízes, sistema radicular e parte aérea bem desenvolvida.

C) Plantio - Há uma variação de preferência por clima, solo, altitude e umidade para cada espécie de bambu. De uma forma generalizada, segundo Azzini e outros (1997), para as espécies entouceirantes, recomenda-se o plantio em período chuvoso, enquanto os alastrantes se desenvolvem melhor em período de seca. Ainda como recomendações gerais, indica-se que o plantio seja feito nas primeiras horas da manhã, para evitar a evaporação e morte das plantas (AKIRA e outros, 2007).

De acordo com Pinto (2014), o bambu aceita todo tipo de solo, exceto os solos encharcados, mas apresenta melhor resultado em terrenos arenosos e drenados de encostas. Afirma ainda ser necessário adubação adequada em solos pobres.

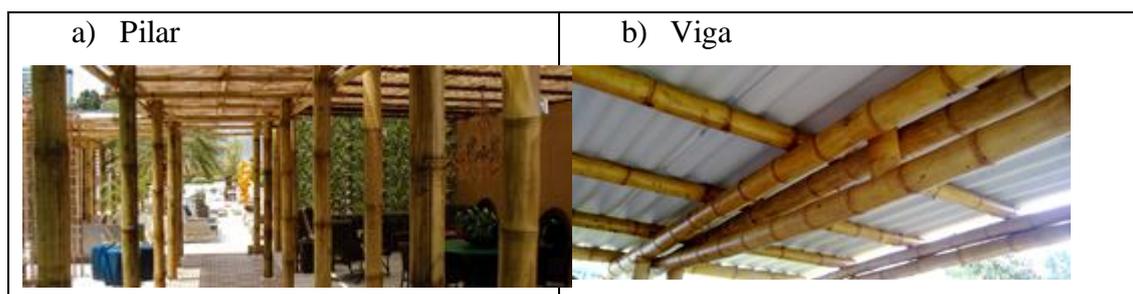
C) Colheita - de forma geral, recomenda-se que a colheita seja feita nos meses mais frios, devido ao baixo teor de umidade pois os colmos ficam mais leves, evitando também possíveis rachaduras. Dois fatores importantes para colher os bambus mais velhos (mais resistentes e menos propensos a ataques de insetos) são: colher o bambu quando ele está apresentando fungos e líquens em sua superfície e perceber a sua colocação na touceira, os centrais são provavelmente os mais antigos, logo, mais resistentes ao ataque de organismos xilófagos.

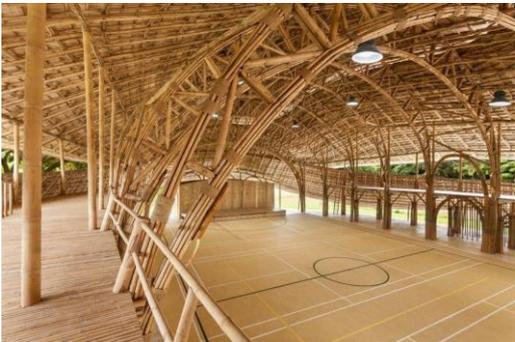
Quanto ao corte, precisa ser cuidadoso e feito aproximadamente a 20 cm acima do solo, recomendando-se o uso de serras, serrotes ou motosserras, para não danificar a integridade das fibras.

D) Tratamento - por ter um grande concentração de amido em seus colmos, o tratamento do bambu é primordial para evitar o ataque de insetos e assim aumentar a resistência e durabilidade do bambu. O tipo de tratamento também varia conforme a finalidade da peça, a maturidade do colmo - se está verde ou seco -, o tempo disponível para o tratamento e a quantidade a ser tratada. Muitos métodos já foram utilizados com esse a intenção de conferir qualidade ao bambu, tais como banho frio (GALVÃO, 1967); químico (ESPELHO, 2007) e térmico (COLLA e outros, 2011). Esses métodos podem ser mais tradicionais ou químicos. Entre os métodos naturais destacam-se a cura na mata, a cura pelo fogo e a cura pela água. Os métodos químicos destacam-se os tratamentos por imersão (VAN LENGEN, 1996), por injeção e por *Boucherie* (ESPELHO, 2007).

E) Industrialização - Como relatado anteriormente, existe uma infinidade de possibilidades de industrialização relacionadas ao bambu, que vão desde alimento até estruturas resistentes.

Para tornar essa relação com o bambu dentro da construção civil mais harmoniosa e facilitada, foi desenvolvido o Quadro 1 com os componentes construtivos elaborados a base de bambu.



<p>c) Paineis</p>  <p>Painel de bambu com esteira. Fonte: Foto de Ana Maria França. Hogar de Cristo, Equador, 2011)</p>	<p>d) Sub-sistemas de Pisos</p> 
<p>e) Lajes</p> 	<p>f) Tubulações</p> 
<p>g) Esteiras (Forros e outros)</p> 	<p>h) Componentes laminados</p>  <p>Viga de bambu laminado colado</p>
<p>i) Treliças Planas</p> 	<p>j) Treliças Espaciais</p> 



Quadro 1: Possibilidades de pré-moldagem/pré-fabricação de componentes de bambu. Fonte: a) Bambu Carbono Zero; b) Bambusa.es; c)Hogar de Cristo; d) Permacultura do Saracura; e) Bastidas (2018); f) Depositphotos g) Bambu Carbono Zero; k) Assoalhos Espaço Felgueiras; l) Teto Hotel Padang Padang (Bali) Foto: Arquiteto André Chalupe; m) n) ARCOweb.

F) Comercialização - De acordo com o *International Network for Bamboo and Rattan* (INBAR, 2007), o comércio internacional de bambu e rattan, é estimado em 5 bilhões de dólares todo ano. O Brasil, por outro lado, ainda não possui dados oficiais sobre o mercado do bambu, tratando-se de um dos fatos que dificulta sua comercialização e popularização nos mais diversos usos. Algumas medidas já estão sendo tomadas pelo governo, como por exemplo, o Plano Estadual de desenvolvimento do bambu para o estado do Acre.

G) Consumidor Final - Depois do uso inicial, a economia circular prevê a otimização pelo reúso ou uso dos sub-produtos. Isso significa fazer o aproveitamento sequencial do material, prevendo os menores circuitos internos dos sistemas, como por exemplo, restaurar, renovar, repassar, para só então reciclar. Nesse momento salienta-se a importância de projetar para a durabilidade, contrariamente ao sistema linear que se nutre da obsolescência programada. Os profissionais do futuro precisam se moldar para projetar para a remanufatura, para a renovação e para a reciclagem.

E) Separação da Matéria-Prima - Nesse momento, em um cenário sustentável e de baixo impacto, o bambu pode passar por um processo de separação das matérias-primas que compõem o produto. Após a vida útil, o bambu pode passar pelos seguintes processos: Digestão Aeróbica, Geração de Biogás e ainda retorno por compostagem ao ciclo.

Por fim, a figura 3 representa graficamente a cadeia produtiva do bambu no Brasil, e mais especificamente, em Santa Catarina.



Figura 3: Representação esquemática da cadeia produtiva.

4.2 Modelagem do Protótipo

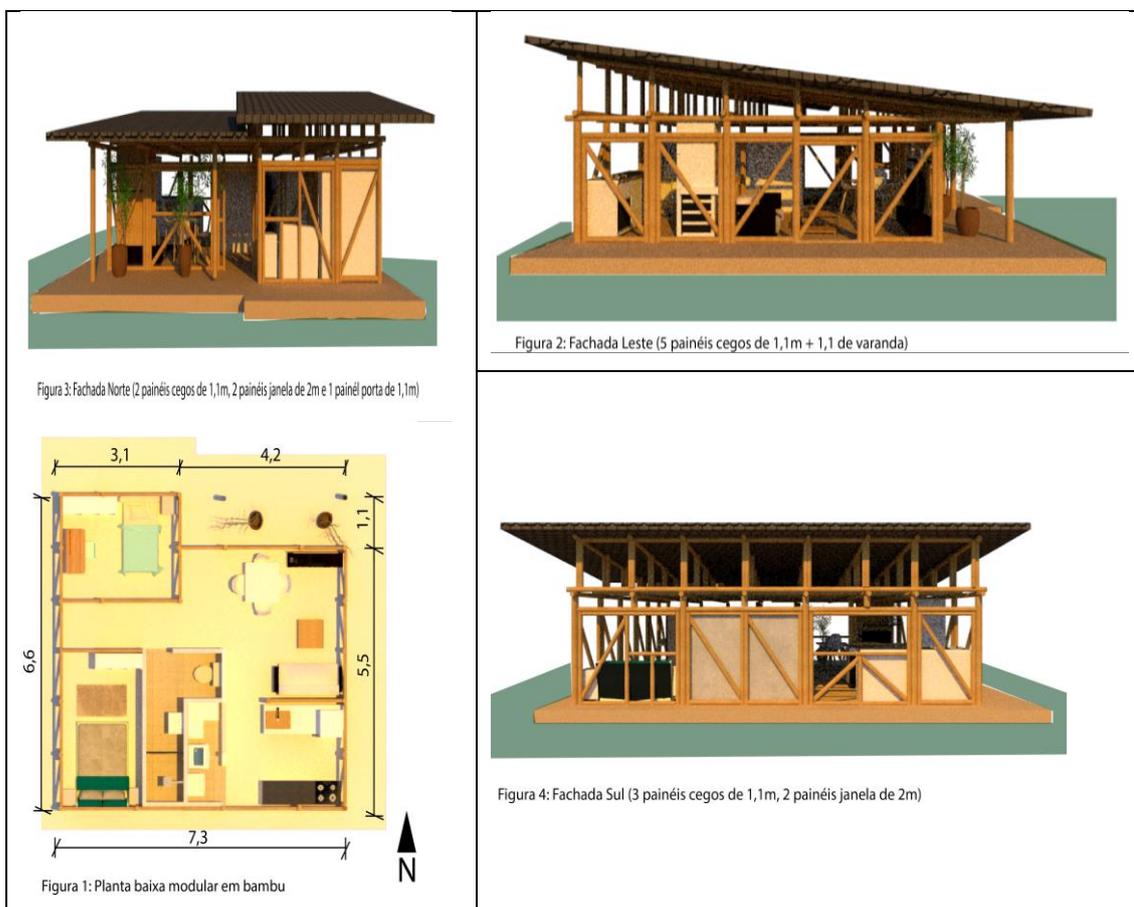
Partindo dos painéis desenvolvidos por Vitor (2018), foi desenvolvido um protótipo virtual de habitação familiar com dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e varanda (conforme planta baixa – Quadro 2). Os painéis desenvolvidos pelo citado autor foram utilizados para criar o protótipo e locados de acordo com a necessidade da habitação e com o objetivo de validar uma das intenções do autor, que era de que a habitação pudesse ser adaptada de acordo com as demandas dos usuários.

A habitação proposta tem a medida da fachada de 7,56 m por 7,11 m, perfaz um total de 48 m² e 53,75 m² de área total. Os módulos adotados para o projeto precisaram sofrer um pequeno ajuste, devido ao encaixe dos painéis, como proposto por Vitor (2018). O quadro 2, apresenta o projeto e módulos do protótipo proposto.

Dessa forma, considerando o trabalho desenvolvido por Vitor (2018), foi elaborado o protótipo de habitação com os 4 painéis por ele desenvolvidos, que tem a intenção de evoluir conforme a demanda dos moradores em um sistema de mutirão.

O Projeto desenvolvido tem aproximadamente 45 m², um valor que se coloca um pouco acima das habitações do Programa Minha Casa Minha Vida e que se adequa ao tamanho dos módulos. Constituído por dois quartos, sala e cozinha integradas, banheiro e lavanderia que se configuram em uma caixa molhada.

Foram consideradas as mesmas espécies propostas por Vitor (2018): *D. asper* para pilares e vigas, *B. tuldoides* para os painéis de vedação, e *B. oldhamii* para fabricação de esteirinhas e fechamento dos painéis. O telhado também segue o projeto original de Vitor (2018), utilizando para a cobertura do telhado placas de OSB e telhas fabricadas com a reutilização de lona de vinil, proveniente de banners. Como possibilidade de melhorias, as águas do telhado poderiam ser invertidas para captar a água da chuva. Ou pode ser utilizada uma calha, considerando a angulação do telhado.



Quadro 2: Modelagem do protótipo. Fonte: autores.

Já as fundações podem depender de acordo com solo e orçamento, por isso não foi representada no protótipo. O que também precisa ser considerado é a necessidade de manter as peças de bambu protegidas das intempéries, logo, elevadas do solo e com uma cobertura suficiente para evitar respingos e ascensão de umidade.

4.3 Sobre a cadeia produtiva na construção com bambu em Florianópolis SC

Na proposta de Vitor (2018), não foi possível obter o bambu pronto para uso. Ou seja, seco e tratado conforme as necessidades do projeto, mesmo que sejam necessidades experimentais, como acontece com outros materiais de construção que podem ser obtidos em lojas, como o cimento e as cerâmicas. Mesmo que comparado com as madeiras (cuja cadeia produtiva também não está completamente consolidada no Brasil a exemplo de outros países), que possuem características de comercialização semelhantes ao bambu como variação dimensional, diversidades de espécies, resistências diferentes em função de falhas, condições de secagem, umidade presente e necessidade de tratamento, o bambu tem de ser obtido junto ao produtor bambuzeiro. É como ir ao campo e derrubar uma árvore, eucalipto, para poder utilizar em uma construção.

Vitor (2018) precisou conversar com outros especialistas da comunidade, localizar touceiras dos bambus pretendidos e realizar a coleta. As três espécies de bambu utilizadas

na proposta original foram coletadas em três locais diferentes. Um deles a cerca de 80 km de distância. O tratamento das peças também foi realizado pelo projetista

Em um situação comercial, tal realidade não é viável. Esperar que o projetista vá ao local, colete os colmos, realize o tratamento e esteja presente em todas as etapas do processo construtivo demonstra a incipiência da cadeia produtiva do bambu em Santa Catarina.

Os poucos fornecedores que comercializam o material em varas, não possuem uniformidade dos conceitos essenciais para uso do material em obras de construção civil. Por exemplo, foram adquiridas 3 varas de bambu tratado junto a um fornecedor local. O bambu dito “tratado”, foi comercializado com a presença de xilófagos e já veio infestado. O tratamento empregado pelo fornecedor compreendia apenas a imersão do material em água, para substituição parcial da seiva. Essa característica revela uma necessidade de atuação mais efetiva junto aos fornecedores de forma a evitar tais práticas e coibí-las, impedindo o sacrifício do material junto ao mercado.

Outra questão premente, diz respeito a filosofia presente na cultura do bambu. O material tem ganhado destaque junto a construção natural, que tenta evitar a presença de produtos químicos. Entretanto, como um material altamente suscetível ao ataque de insetos e da umidade, necessita de tratamentos, cuja eficácia seja comprovada e compatível com a durabilidade e desempenho mínimo previstos nas normas técnicas. Desta forma o fornecedor deve assegurar o desempenho do material e/ou o projetista deve prever formas de substituição do material em períodos menores de tempo, para manutenção constante. O usuário deve também estar ciente destas condições de manutenção, principalmente em obras cuja durabilidade prevista seja de 50 anos, como é o caso da construção habitacional permanente.

Uma das questões que surgiram na confecção do protótipo diz respeito ao que pode ser uma nova maneira de projetar em arquitetura, principalmente no que se refere à questão da pré-moldagem. O bambu possui diferentes dimensões (diâmetro, comprimentos, retidão), uma característica que pode parecer incompatível com peças pré-moldadas. Entretanto, talvez haja a necessidade de que o projetista esteja presente durante a produção das peças pré-moldadas, para fornecer medidas de corte e realizar os ajustes necessários para que o componente ou que a etapa de detalhamento de projeto, seja estendida a etapa de produção, no que se chama de engenharia simultânea. Isto rompe com a visão do projeto anterior a construção.

A reprodução do protótipo em maior escala se mostrou viável. Entretanto a incipiência da cadeia produtiva pode ser um entrave a implementação da proposta.

5. Conclusões

É imprescindível que os projetistas tomem atitudes voltadas para um desenvolvimento econômico sustentável. Nesse cenário, o bambu surge em papel de destaque, com muitas possibilidades de utilização que vão desde a agricultura, arquitetura, arte e cultura, culinária, artesanato, móveis, papel, transporte, medicina, combustão e bioenergia, design e indústria cosmética.

No que tange à utilização do bambu na construção civil, a maior dificuldade percebida no desenvolvimento do projeto foi a pouca conectividade entre fornecedores e usuários. Percebeu-se à ausência de normativas e padrões de qualidade, o que faz com que exista um receio de utilização do material. Uma boa perspectiva se encontra na Norma para Estruturas de Bambu, disponível na ABNT para votação nacional, que ajudará na orientação do uso do material em estruturas de edificações.

Soma-se as dificuldades a questão dos altos fretes resultantes de longas distâncias, o que inviabiliza o uso para muitos, que buscam exatamente o baixo custo. A construção civil formal manifesta preconceito com o material pela sua falta de padronização, pois como um material natural acaba apresentando peculiaridades relacionadas à organicidade e durabilidade que não agradam todo o mercado, sendo muitas vezes utilizado apenas como adorno do Design de Interiores.

O protótipo desenvolvido por Vitor (2018) serviu de base para a elaboração do modelo digital, mostrando que uma habitação de bambu pode ser projetada e viabilizada. O layout flexível atendeu aos objetivos esperados de uma habitação, se mostra com grande possibilidade de assimilação social, por ter uma facilidade na montagem (no que se refere a leveza), baixo custo e possibilidade de construção em mutirão.

Por meio do entendimento e aprimoramento das etapas da cadeia produtiva do bambu em nível nacional, no plantio (para conferir qualidade aos futuros colmos), no tratamento (para conferir durabilidade), industrialização (para agregação de valor ao produto) e comercialização (conhecimento de novos mercados, exportação, reconhecimento do produto nacional no mundo e conexão entre fornecedores e usuários), e aproveitamento em cascata (separação da matéria-prima, digestão aeróbica, biogás e o retorno para a biosfera) o bambu assumiria um papel ativo no mercado nacional e mundial com exportações. Portanto, existem muitas oportunidades a serem exploradas.

A cadeia produtiva do bambu no Brasil precisa de promoção, disseminação e incentivos que passem por políticas governamentais, inovação em pesquisas para desenvolver novos usos, equipamentos adequados, tecnologias para tratamento que não comprometam a saúde ou a qualidade dos ambientes onde o material, oficinas e atividades para disseminar as melhores técnicas para o material, formas de conexão entre fornecedores e usuários, métodos de comprovação de qualidade e disseminação no mercado da construção civil.

Referências

ALOHAEVE. Disponível em: <<http://www.welikebali.com>>.

AÑAZCO, M.; ROJAS, Sebastián. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Recuperado a partir de <http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/GABAR-Cadena-Bambu-Ecuador.pdf>, 2015.

AZZINI, A.; ARANHA, C.; PIO, R. M.. Florescimento e frutificação em bambu. *Bragantia*, v. 41, n. 1, p. 175-180, 1982.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.. Bambu como matéria-prima para papel: IV-Estudios sobre o emprêgo de cinco espécies de *Bambusa*, na produção de celulose sulfato. *Bragantia*, v. 30, n. 2, p. 305-319, 1971.

AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B. Enraizamento de propágulos de bambu em diferentes substratos. *Bragantia*, v.52, n.2, p.113-118, 1993.

AZZINI, A.; SANTOS, R. L. PETTINELI JÚNIOR, A. *Bambu: material*, 1997.

BASTIDAS, A.. *Arquitetura con bambú: Entre la tradición y el futuro*. Palestra para Grupo de Pesquisa Virtuhab. Repositório UFSC.2018.

CASTAÑO, F.; MORENO, R.D. *Guadua para todos – cultivo y aprovechamiento*. Proyecto manejo sostenible de bosques de Colombia. Bogotá, 2004.

CHRISTANTY, L.; MAILLY, D.; KIMMINS, J.P. “Without bamboo, the land dies”: biomass, litterfall, and soil organic matter dynamics of a Javanese bamboo talon-kebun system. *Forest Ecology and Management*, v.87, n.1, p.75-88, 1996.

CID, L. P. B. A propagação in vitro de plantas. *Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, v. 3, n. 10, p. 16-17, 2001

COLLA, W. A.; BERALDO, A. L; BRITO, J. O. Efeitos do tratamento térmico nas características físico-mecânicas do bambu gigante. *Revista Cerne*, v.17, n.3, p.361-367, 2010

CORTES, L.F.B. Reproducción de la *Guadua angustifolia* por el método de chusquines. *International Network for bamboo and rattan (INBAR)*,p. 16, 2013. Disponível em: <<https://www.inbar.int/>> . Acesso em 05 mai. 2015

DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme (Org.). *Bambus no Brasil:: da Biologia à Tecnologia*. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje,, 2017. 659 p.

E BIOBAMBU. Disponível em; < <https://www.ebiobambu.com.br/>>.

ESELHO, J.C.C. Tratamento químico de colmos de bambu pelo método de Boucherie modificado. Dissertação de mestrado. Campinas: Unicamp, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. *World bamboo resources – A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*. Rome: FAO, 2007. 73p.

GALERIA DA ARQUITETURA. Disponível em: <https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/amima_/centro-max-feffer-cultura-e-sustentabilidade/1695>.

GALVÃO, A.P.M. Tratamento preservativo do bambu pelo processo do banho frio. *An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, v.24, p.9-33, 1967.

GENEROSO, A.L. Caracterização morfológica e cultivo in vitro de espécies de bambu. Dissertação de mestrado. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2014.

GRECO, Thiago Machado. *Diversidade de bambus (poaceae: bambusoideae) na ilha de santa catarina, brasil*. 2013. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

GRECCO, Thiago Machado; CROMBERG, Mariana. *Bambu: cultivo e manejo*. 2011.

INBAR. Disponível em: < <https://www.inbar.int/>>.

- KIGOMO, B.N. Guidelines for growing bamboo. Guidelines Series, n.4, p.59, 2007
- LIBRELOTTO, Lisiane Ilha (Org.); OSTAPIV, Fabiano (Org.); BERALDO, A. L.; S; VITOR, A. O.; BARATA, T., JARAMILLO, A.B., SALAMON, C.; SANTOS, G. F. dos CARBONARI, G., OSTAPIV, J. D. da S; PEREIRA, M. A. dos R; FERROLI, P. C. M, SASAOKA, S.; LISBOA, S. Bambu: Caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil. Florianópolis: Grupo de Pesquisa Virtuhab/ufsc, 2019. 204 p.
- LUXURYHUNT. Disponível em: <<https://www.luxuryhunt.com/sleep/indonesia/suarga-padang-padang/>>
- MEDINA, Franchesca. LIBRELOTTO, Lisiane. CADEIA PRODUTIVA DO BAMBU PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES. Relatório Técnico. Pesquisa PIBIC. Disponível em: Repositório UFSC/ Grupo de Pesquisa Virtuhab. 2019.
- ORNELLAS, Thiago Sanches et al. Micropropagação do bambu americano Guadua chacoensis (Rojas) Londoño & PM Peterson. 2017.
- PINTO. Entrevista: Como plantar bambu. Globo rural. São Paulo: Rede Globo, 21 OUT 2014. JOÃO MATHIAS | CONSULTOR MOISÉS MEDEIROS PINTO.
- RIBEIRO, Adriana Santos. Carvão de bambu como fonte energética e outras aplicações. Maceió: Instituto do Bambu, 2005
- ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REES, Stephanie. Ecohouse-: A Casa Ambientalmente Sustentável. Bookman Editora, 2014.
- ROESSING, Antonio Carlos. Cadeias produtivas: roteiro para estudo de sistemas agroalimentares. Londrina: Embrapa, 2002. 63 p.
- TEIXEIRA, Anelizabeth Alves. Painéis de bambu para habitações econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília - Unb, Brasília, 2006.
- VAN LENGEN, Johan. Manual do arquiteto descalço. Instituto de Tecnologia Intuitiva e Bio-Arquitetura, 1996.
- VITOR, Alexandre Oliveira. Proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) em estrutura de bambu: Projeto de Construção de um Protótipo Experimental. 2018. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- Agradecimentos – ao PIBIC/CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica.**