



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
LINHA DE PESQUISA: TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

GABRIELA DE MEDEIROS LOPES MARTINS

**A INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU E A SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DA
POTENCIALIDADE TÉCNICA DO LAMINADO COLADO NA PRODUÇÃO DE
COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

Orientador: **Jaime Gonçalves De Almeida**

Universidade de Brasília

Brasília
Agosto, 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - PPG/FAU
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**A INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU E A SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DA
POTENCIALIDADE TÉCNICA DO LAMINADO COLADO NA PRODUÇÃO DE
COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação / Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Tecnologia de produção do ambiente construído.

GABRIELA DE MEDEIROS LOPES MARTINS

Arquiteta e Urbanista

Brasília
Agosto, 2021

A sabedoria da vida consiste em eliminar o que não é essencial

Lin Yutang

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu pai Karamuh e a minha mãe Jamice, por acreditarem nos meus sonhos e serem meu porto seguro e alicerce. À minha irmã Bruna, pela irmandade de uma vida e, especialmente, por todo apoio durante essa jornada. Ao meu noivo Terceiro, por todo companheirismo, afeto e compreensão.

Ao meu orientador, o professor PhD Jaime Gonçalves de Almeida, que além de compartilhar seu vasto conhecimento sobre bambu e arquitetura, me ensinou sobre dedicação e generosidade. Ao professor PhD Normando Perazzo Barbosa, que me apresentou ao universo do bambu, e a todos os mestres que tive em minha vida, que me inspiram e contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus colegas do Centro de Pesquisa e Aplicação do Bambu e Fibras Naturais (CPAB), em especial a Adriana, por todo incentivo e conhecimento compartilhado.

RESUMO

A INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU E A SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DA POTENCIALIDADE TÉCNICA DO LAMINADO COLADO NA PRODUÇÃO DE COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Autora: Gabriela de Medeiros Lopes Martins

Orientador: Prof. Dr. Jaime Gonçalves de Almeida

A industrialização do bambu é alternativa em potencial de desenvolvimento sustentável para a Indústria da Construção Civil do Brasil. O bambu é um vegetal de rápida renovação pela natureza, baixo custo de cultivo, e é possível observar a sua presença em quase todo o território brasileiro. Através da sua industrialização, sob a forma de laminado colado, é possível a fabricação de produtos adequados ao ritmo produtivo da sociedade contemporânea e com menor impacto ambiental. O presente trabalho desenvolve uma pesquisa analítica acerca da industrialização do bambu, considerando duas variáveis: a sustentabilidade e o projeto, e tem por objetivo analisar as contribuições do Bambu Laminado Colado (BaLC) para a construção civil nacional considerando a relação entre projeto e o desenvolvimento tecnológico de produtos. Ressalta-se que, no Brasil, a utilização dessa planta para fins não artesanais é inexpressiva, mas outros países, como a China, possuem uma cultura construtiva que abrange o material processado e não processado industrialmente. Sendo assim, será utilizado como referência para esta pesquisa o processo industrial do bambu e os seus impactos socioeconômicos no país. Ademais, busca-se contribuir, por meio dela, com os estudos sobre a importância do estabelecimento de uma cadeia produtiva do bambu no país. O resultado da análise demonstra que a industrialização desse vegetal no país está em estágio inicial e necessita de políticas públicas direcionadas especificamente ao seu desenvolvimento, com programas de incentivo e investimento na produção rural e industrial, e comercialização. Além disso, a incorporação do laminado de bambu à Indústria da Construção Civil (ICC) nacional se apresenta como uma oportunidade de desenvolvimento socioeconômico, com a geração de emprego e renda na cidade e no campo. Outrossim, o processo industrial desse vegetal é de baixo impacto ambiental e tem capacidade de contribuir para a diminuição do enorme impacto causado pela produção industrial de materiais para a construção civil. Por fim, evidencia-se a importância do projeto para o planejamento de um processo produtivo e desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental.

Palavras-chave: Bambu Laminado Colado, Bambu Industrializado, Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

THE INDUSTRIALIZATION OF BAMBOO AND SUSTAINABILITY: ANALYSIS OF THE TECHNICAL POTENTIALITY OF LAMINATED BAMBOO TIMBER IN THE PRODUCTION OF COMPONENTS OF CONSTRUCTION INDUSTRY IN BRAZIL

Author: Gabriela de Medeiros Lopes Martins

Advisor: Prof. PhD Jaime Gonçalves de Almeida

Bamboo industrialization is a potential alternative to sustainable development for the Brazilian Construction Industry. Bamboo is a plant of rapid restoration by nature, low cost of cultivation, and it is possible to observe its presence in almost all of the Brazilian territory. Through its industrialization, in the form of bonded laminates, it is possible to manufacture products that are appropriate to the productive pace of contemporary society and have a lower environmental impact. The present work develops an analytical research on bamboo industrialization, considering two variants: sustainability and the project, and aims to analyze Laminated Bamboo Timber' (LBT) contributions for the national construction industry considering the relation between project and technological development of products. It should be noted that in Brazil, the use of this plant for non-small-scale purposes is inexpressive, but other countries, such as China, have a constructive culture that encompasses processed and unprocessed material industrially. Thus, the bamboo industrial process and its socioeconomic impacts in the country will be used as a reference for this research. Furthermore, the aim is to contribute, through it, to studies on the importance of establishing a bamboo production chain in the country. The result of the analysis shows that the industrialization of this plant in the country is at an early stage and needs public policies targeted specifically at its development, with incentive and investment programs in rural and industrial production, and marketing. In addition, the incorporation of bamboo laminate into the national Civil Construction Industry presents itself as an opportunity for socioeconomic development, with the generation of employment and income in the city and in the countryside. Furthermore, the industrial process of this plant is of low environmental impact and has the capacity to contribute to the reduction of the enormous impact caused by the industrial production of materials for civil construction. Finally, the importance of the project for planning a productive process and developing products with less environmental impact is evidenced.

Keywords: Laminated Bamboo Timber, Industrialized Bamboo, Sustainable Development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Cadeia Produtiva da ICC.....	24
Figura 2 - Morfologia do bambu.....	34
Figura 3 - Arranjo dos feixes vasculares na região do nó.....	35
Figura 4 - Tipos de rizomas.....	36
Figura 5 - <i>Guadua tagoara</i>	36
Figura 6 - <i>Olyra obliquifolia</i> Steud.....	37
Figura 7 - Corte de colmos de <i>Dendrocalamus giganteus</i> , <i>Bambusa vulgares</i> e <i>Phyllostachys aurea</i>	38
Figura 8 - Distribuição geográfica natural do bambu no mundo.....	38
Figura 9 - Possibilidade de uso do bambu.....	40
Figura 10 - Processo de produção do BaLC.....	47
Figura 11 - Processo de obtenção das taliscas de bambu.....	50
Figura 12 - Disposição das ripas para produção do BaLC.....	56
Figura 13 - Produtos em BaLC da marca WELF.....	59
Figura 14 - Cadeira de balanço desenvolvida pelo Laboratório de Experimentação com Bambu da Unesp.....	61
Figura 15 - Diretório de ônibus produzido pelo CPAB/UnB.....	62
Figura 16 - Emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) do material por metro cubico.....	64
Figura 17 - Poltrona Oré Brasil em BaLC.....	65
Figura 18 - Modelo de Cadeia Produtiva de BaLC no Brasil.....	67
Figura 19 - Modelo da Cadeia Produtiva para o BaLC.....	67
Figura 20 - Diagrama do processo analítico.....	77
Figura 21 - Modelo de Cadeia Produtiva de Móveis em BaLC.....	87
Figura 22 - Esquematização Cadeia Produtiva BaLC.....	88
Figura 23 - Processo evolucionário em direção ao consumo sustentável.....	97
Figura 24 - Máquina para ripamento do bambu.....	99
Figura 25 - Divisor de taliscas.....	99
Figura 26 - Prensa mecanizada.....	100
Figura 27 - Prensa manual.....	100
Figura 28 - Etapas do planejamento do processo produtivo do BaLC.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais características de diferenciação entre bambus herbáceos e lenhosos.....	37
----------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ACV** – Avaliação do Ciclo de Vida;
- ACVP** – Análise do Ciclo de Vida dos Produtos;
- BaLC** – Bambu Laminado Colado;
- BambuSC** – Associação Catarinense do Bambu;
- BNDES** – Banco Nacional do Desenvolvimento;
- CERFLOR** – Programa Brasileiro de Certificação Florestal;
- CO₂** – Gás Carbônico ou Dióxido de Carbônico;
- CH₄** – Metano;
- CMMAD** – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento;
- CPAB/UnB** – Centro de Pesquisa e Aplicação em Bambu e Fibras Naturais da Universidade de Brasília;
- ECO-92** – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento;
- Embrapa** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
- ESDI** – Escola Superior de Desenho Industrial;
- FCO** – Fundo de Financiamento do Centro-Oeste;
- FNO** - Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste;
- FUNBAMBU** – Fundação Nacional do Bambu;
- FSC** – Forest Steward Council;
- GDP** – Gestão de Desenvolvimento do Produto;
- GEE** – Gases do Efeito Estufa;
- GIEM/UFSC** – Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira da Universidade Federal de Santa Catarina;
- IAC-MASP** – Instituto de Arte Contemporânea – Museu de Arte de São Paulo;
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- ICC** – Indústria da Construção Civil;
- IFES** – Instituições Federais de Ensino Superior;
- INBAR** – International Bamboo and Rattan Organization;
- IPCC** – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas;
- ISO** – Organização Internacional de Normalização;
- kWh** – Quilowatt-hora;
- LCTII** – Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais II;

MEA – Millennium Ecosystem Assessment;

MLC – Madeira Laminada Colada;

MMA – Ministério do Meio Ambiente;

MUF – Melamina Uréia Formaldeído;

NBR – Norma Regulamentadora Brasileira;

NET – Neutralidade de Carbono;

NMBA – National Mission on Bamboo Applications;

N₂O – Óxido Nitroso;

OMM – Organização Meteorológica Mundial;

ONU – Organização das Nações Unidas;

PBD – Programa Brasileiro de Design;

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento;

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produto;

PFC's – Polifluorcarbonetos;

PIB – Produto Interno Bruto;

PMDs – Países Menos Desenvolvidos;

PNMCB – Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu;

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos;

PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar;

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;

PVA – Polivinila;

RBB – Rede Brasileira do Bambu;

RF – Resorcinol Formaldeído;

SIRB – Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos;

TPL – Triple Bottom Line;

t/ha – Toneladas por hectare

UnB – Universidade de Brasília;

Unesp – Universidade Estadual Paulista;

VOC – Compostos Orgânicos Voláteis;

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA	22
1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL	22
1.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: CONCEITOS...	22
1.2 INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.....	23
1.3 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	29
2. BAMBU, O VEGETAL	33
2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS.....	33
2.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA.....	38
2.3 APLICAÇÕES	39
2.4 EMPREGO SUSTENTÁVEL DO BAMBU	40
3. INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU	44
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO: CHINA, COLÔMBIA E COSTA RICA	44
3.2 BAMBU LAMINADO COLADO (BALC)	46
3.3 PRODUTOS EM BAMBU LAMINADO COLADO (BALC)	58
3.4 IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELA INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU ..	63
3.5 CENÁRIO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU NO PAÍS	65
3.6 CONFIGURAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA: PROSPECÇÃO	66
4. PROJETO E PESQUISA TÉCNICO-CIENTÍFICA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	69
4.1 A ATIVIDADE DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA	69
4.2 PROJETO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	70
4.3 INTRODUÇÃO A RELAÇÃO ENTRE O ENSINO DE DESIGN E A INDÚSTRIA NO BRASIL	73
4.4 NOVOS MATERIAIS: PESQUISA E ENSINO NOS CURSOS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E DESIGN	75
CAPÍTULO II: PROCESSO DE ANÁLISE	77
CAPÍTULO III: DISCUSSÃO E ANÁLISE	83
1. INDUSTRIALIZAÇÃO DO BAMBU NO BRASIL	83
1.1 POTENCIALIDADES.....	83
1.2 DIRETRIZES PARA EXPANSÃO.....	83

1.3	INCORPORAÇÃO DE PRODUTOS EM BALC À CADEIA PRODUTIVA DA ICC NACIONAL.....	84
2.	SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO	89
2.1	DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO ATRAVÉS DO BAMBU INDUSTRIALIZADO	89
2.2	QUEBRA DE PARADIGMA, INTRODUÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL COM BAIXO IMPACTO AMBIENTAL	95
2.3	LIMITAÇÕES	101
3.	PROJETO, ENSINO E PESQUISA	101
3.1	ENSINO E PESQUISA: AGENTES DE CONDUÇÃO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	101
3.2	PROJETO COMO CRIADOR DE DEMANDA PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS	104
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
	REFERÊNCIAS	112

INTRODUÇÃO

Degradação ambiental é o processo que diminui o potencial de sustentar a vida de um ecossistema. O meio ambiente pode ter sua estrutura alterada de forma natural ou, o mais recorrente, devido às ações do homem, através, principalmente, da poluição, do desmatamento e da prática de queimadas. É importante evidenciar, ainda, que os impactos causados no meio ambiente não são notados de forma imediata, eles são gradativos e se manifestam ao decorrer dos anos com o aumento da temperatura, diminuição das áreas florestais, redução da biodiversidade do planeta, diminuição da saúde da população, entre outros efeitos negativos (ANDRADE; ROMEIRO, 2011).

O estilo de vida consumista da população é responsável por grande parte dos impactos ambientais, uma vez que o processo da produção industrial utiliza os recursos da fauna e da flora de forma inconsequente e insustentável, além de gerar poluição dos meios atmosféricos e aquáticos (TEIXEIRA, 2006). De acordo com o Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), as alterações sofridas pelos ecossistemas do planeta não são comparáveis a nenhum outro período da história humana e, embora tais mudanças tenham contribuído significativamente para ganhos líquidos no desenvolvimento e no crescimento econômico, os ganhos foram alcançados a altos custos na forma de degradação de serviços ecossistêmicos (DALY, 2005).

No século XVII, com o advento da Primeira Revolução Industrial, surgiram os materiais de construção industrializados, nos dias de hoje popularmente conhecidos como materiais de construção "convencionais". O excessivo investimento feito na publicidade desses materiais, entre outros investimentos importantes, foi responsável por fazer com que as pessoas com maior poder aquisitivo optassem exclusivamente pela sua utilização. Em razão disso, as técnicas e os materiais construtivos tradicionais foram deixados para as camadas de menor poder aquisitivo da população, o que dificultou a propagação desse conhecimento entre gerações.

A marginalização desses materiais ocasionou a perda de sua tecnologia. Por causa disso, atualmente, as construções feitas nas periferias e na zona rural das cidades possuem estética desfavorável e funcionalidade comprometida. Assim, os materiais tradicionais são associados à condição de pobreza pela sociedade contemporânea. Apesar de a possibilidade de realizar grandes construções com materiais industrializados, no processo de fabricação desses há a emissão de gás carbônico (CO₂) e de outros poluentes responsáveis pelo efeito estufa e pela formação de chuvas

ácidas, bem como dos elevados níveis de consumo de energia e de matéria-prima, além da geração de resíduos (BARBOSA, 2005).

A partir da primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em 1972, aconteceram muitas reuniões e conferências que discutiram a associação entre os problemas ambiental e social, desde então é notória a busca por soluções e materiais alternativos que reduzam a degradação ambiental e promovam o desenvolvimento sustentável.

O termo sustentabilidade abrange os aspectos socioeconômicos e ambientais, sendo assim, de acordo com o *Brundtland Report: Our Common Future* (1987), desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras. Além disso, busca-se diminuir a pegada ecológica e o impacto ambiental dos assentamentos humanos no planeta.

No final da década de 1980 e início da década de 1990, o assunto sustentabilidade voltado para a Arquitetura e o Urbanismo passou a ser discutido com veemência, a partir do cenário europeu. Os principais pontos que geraram essas discussões foram a crise energética mundial e o impacto ambiental causado pelo consumo da energia de base fóssil.

Em decorrência dessas discussões sobre o consumo de energia, a sustentabilidade da arquitetura evoluiu para outros aspectos da degradação ambiental causada pela construção civil, como o processo de industrialização dos materiais convencionais (GONÇALVES; DUARTE, 2006). Dessa forma, o objetivo é adotar um novo posicionamento diante da problemática ambiental acerca do ambiente urbano e construído, associando a tecnologia à qualidade das produções arquitetônicas que levam em consideração o bem-estar dos usuários, além de estarem ligadas com o seu contexto social, cultural e político.

“Falar em sustentabilidade ambiental em função do conforto ambiental e da eficiência energética é cabível; porém, é preciso esclarecer que a questão ambiental na arquitetura vai muito além do conforto e da energia”. (GONÇALVES; DUARTE, 2006, p. 57)

Os materiais tradicionais são denominados como não convencionais. Essa terminologia é usada por se tratar de materiais que, ainda, não são regidos por normas técnicas já constituídas e transmitidas mundialmente. Destaca-se que a maioria desses está disponível na natureza, são renováveis e geram resíduos biodegradáveis ou passíveis de aproveitamento. Ademais, quando da utilização desses materiais, há um menor consumo de energia para sua utilização, tem um menor

custo e possuem tecnologia que pode ser facilmente transmitida para população de pouca instrução. Por essa razão, são considerados uma alternativa de desenvolvimento sustentável (BARBOSA, 2005).

É nesse contexto que o bambu está inserido, por ser uma espécie vegetal, pertencente à família das gramíneas e subfamília *Bambusoideae*, que possui potenciais ecológicos, ambientais e sociais. Através desse vegetal, é possível aprimorar as condições hídricas e do solo, promover a proteção ambiental dos ecossistemas e contribuir para os ciclos de carbono e nitrogênio ecossistêmicos (LIMA *et al.*, 2017). Ademais, é possível associar as plantações de bambu com outras madeiras, em reflorestamentos, contribuindo para a diminuição do corte de árvores e do crescente desmatamento das florestas tropicais (PEREIRA; BERALDO, 2016).

A distribuição geográfica do bambu acontece na maioria dos continentes habitados do mundo, com exceção apenas da Europa. Além disso, existem mais de 120 gêneros e 1.600 espécies desse vegetal e as Américas abrigam cerca de 30% desse total (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Nesse cenário, é possível constatar a existência de espécies de bambu em quase todo o território brasileiro, além disso, o Brasil é o país com maior diversidade de bambus lenhosos da América (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004; LONDOÑO, 2004), essa planta tem crescimento 30% mais rápido do que as demais espécies vegetais e, considerando a relação peso/hectare/ano, tem produção de biomassa 25 vezes superior à madeira (ALMEIDA, 2017).

O bambu apresenta uma aplicação diversificada na vida da população rural, como produção de instrumentos musicais, utensílios domésticos, móveis e ferramentas, todos artesanais. Além desses usos mais tradicionais, identificam-se usos como faca para corte do cordão umbilical em recém-nascidos, pomada para piolho, remédio para mordida de cobras e cicatrizantes. No mundo ocidental, têm-se registro da utilização deste vegetal pelas comunidades indígenas desde o período pré-colombiano. Outrossim, o uso do bambu varia de acordo com as características de cada espécie, a parte da planta que está sendo utilizada e a cultura local (CORTÉS, 2004).

A utilização do bambu nas construções faz parte da cultura dos povos asiáticos. Em Bangladesh, a maioria das habitações são feitas desse material, e, na China, existem pontes que vencem vãos maiores que 10 metros, além da vasta utilização para produção de móveis e de artesanatos. Na Costa Rica, a Fundação Nacional do Bambu (FUNBAMBU) existe desde 1981 e tem como objetivo a utilização do Bambu em habitações econômicas. Atualmente, a Colômbia tem tido destaque no desenvolvimento de pesquisas que visam resgatar a utilização do Bambu na

construção civil e nos últimos 30 anos tem construído estruturas em grandes dimensões. Além desses, outros países têm produzido material acadêmico e exemplares de arquitetura em Bambu, como México, Indonésia, Filipinas, Vietnam e Japão (TEIXEIRA, 2006).

De acordo com Ghavami e Barbosa (2017), podem-se citar algumas características favoráveis ao uso do bambu na arquitetura e na engenharia, como baixa energia de produção quando comparado aos materiais comumente utilizados na construção civil; curto intervalo de tempo de renovação e grande capacidade produtiva no bambuzal; baixo peso específico, possibilidade de utilização como material estrutural; produção de resíduos biodegradáveis; e apresenta durabilidade compatível com os materiais convencionais da construção civil, quando há o emprego apropriado.

Sendo assim, apontam-se dois usos predominantes para o colmo desse vegetal no mundo, são eles: o artesanal e o industrial. O primeiro é considerado o tradicional, no qual normalmente se emprega o colmo inteiro ou com algumas modificações, como a planificação. Existem também construções prediais artesanais, mas, nos dias atuais, quando essas envolvem grandes vãos, há o suporte técnico de profissionais calculistas. Atualmente, a utilização industrial deste material é a predominante, devido à progressiva demanda pela diversificação de produtos em bambu e da necessidade de inserção das técnicas de produção com o apoio de máquinas. Para a utilização na construção civil, a ripa é um dos principais elementos. Essa é extraída do colmo, e, a partir dela, são produzidas tábuas, pranchas e caibros, através de um processo similar ao de industrialização da madeira para confeccionar a Madeira Laminada Colada (MLC) (ALMEIDA, 2017).

A transformação do colmo do bambu em placas de Bambu Laminado Colado (BaLC) potencializa as possibilidades de aplicação desse vegetal para a produção de diversos produtos. O formato cilíndrico do colmo da planta, apesar de apresentar características promissoras sob diversos aspectos, restringe a aplicação do material. As placas de BaLC expandem os limites quanto a criação de produtos, uma vez que o formato cilíndrico e o comprimento do colmo não são fatores restritivos ao processo de projeto e as placas podem atingir diversas possibilidades de relação entre comprimento, largura e altura, além de ser possível obter formatos curvos ou mistos.

A China é um notável produtor de bambu industrializado da atualidade, com uma comercialização mundial superior a US\$ 19 bilhões de dólares. Estados Unidos, Japão e União Europeia correspondem a 72% da importação do bambu no mundo. Além desses, também se destacam Canadá, Singapura, Austrália, Rússia e Coreia. De maneira geral, no mundo, os mercados mais promissores para o bambu são através do artesanato, dos brotos de bambu e do mobiliário,

consecutivamente. No Brasil, os relatórios relativos à produção do setor de base florestal não apresentam dados específicos para o bambu. Apesar disso, sabe-se que 3,4% do PIB nacional pertence a esse setor. As possibilidades de atividades comerciais envolvendo o bambu compreendem atividades viveiristas, artesanato, fabricação de papel e celulose, produção de carvão, confecção de painéis e chapas, entre outras (AFONSO; SILVA, 2017).

O processo de industrialização implica em uma complexa cadeia produtiva e, assim, exige que haja um planejamento desde a busca por matéria-prima até a comercialização do produto final. Além disso, é importante afirmar que o projeto (arquitetura e desenho industrial) atua como uma ferramenta essencial ao planejamento, tanto na concepção formal e funcional do produto, como para a determinação das etapas de manufatura, além de também estar relacionado à sua aplicação e comercialização. A concepção do projeto, para o desenvolvimento de produtos industriais ou de obras arquitetônicas, é feita através do confronto entre o conhecimento técnico do projetista, a demanda que aquele projeto deve atender, considerando seu contexto sociocultural, político e econômico, e os meios para sua materialização (ALMEIDA, 2013).

É importante evidenciar que a implementação da utilização de materiais não-convencionais é desafiadora. Citando especificamente a realidade do BaLC, os pesquisadores identificaram como principais problemas: o custo final da placa de laminado, devido ao valor do adesivo empregado, que é importado; o rendimento do colmo do bambu quanto à produção de ripas, considerando que apenas 31,34% do colmo é empregado no laminado e o restante é relativo a aparas e serragem; e a reduzida quantidade de plantações comerciais na maior parte do território nacional (ALMEIDA, 2017). Além disso, ainda existe muita desinformação e preconceito acerca do tema, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas voltadas para o incentivo e para a orientação em relação à utilização desse material com características tão promissoras, especialmente dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável.

Considerando o exposto, a importância desta pesquisa está embasada em alguns pressupostos, são eles:

1º- Desenvolvimento sustentável

A partir da análise do impacto ambiental e social causado pelos materiais convencionais industrializados, percebe-se a necessidade de adoção de materiais que tenham menor impacto no seu processo de industrialização e, além disso, possam contribuir com o desenvolvimento social da

comunidade. A utilização do bambu como insumo para a produção industrial de componentes construtivos implica na utilização de um material de baixo custo, de alta capacidade de renovação pela natureza, produtor de resíduos biodegradáveis e baixo consumo de energia para o seu processamento, quando comparado a outros materiais industrializados. Além disso, através da implementação de plantações comerciais de bambu, é possível gerar empregos e renda para a população do campo.

2º- Produção de conhecimento acerca da utilização de novas tecnologias

Os materiais convencionais industrializados são amplamente utilizados pela sociedade contemporânea, e percebe-se que não há uma reavaliação acerca da utilização desses materiais. Basicamente, repete-se um padrão construtivo formado por aço e por concreto. O conhecimento acerca de novas opções de materiais e de tecnologias promove a discussão acerca da escolha de materiais adequados à realidade local da edificação, associados à relação custo-benefício ligada ao impacto ambiental e social. Além disso, o desenvolvimento de pesquisas sobre esse tema atua como um propulsor da inserção de disciplinas voltadas para os materiais não-convencionais nas escolas de arquitetura, engenharia e desenho industrial das Instituições de Ensino Superior (IES).

3º- Incentivo à utilização de materiais naturais

Os cursos de engenharia e arquitetura têm sua grade curricular voltada para o estudo de materiais industrializados convencionais. Considerando o contexto socioambiental mundial, torna-se essencial o desenvolvimento de estudos voltados para a reinserção dos materiais naturais e renováveis no cenário da construção civil, visto que esses têm menor impacto ambiental e, associado à sua utilização, contribuem para a diminuição da pegada ecológica deixada pelo setor da construção civil e agregam um potencial social relacionado ao cultivo e ao manejo desses materiais, além do resgate às técnicas tradicionais de aplicação desses materiais.

4º- Fortalecimento da cadeia produtiva do bambu no país

Contribuir, por meio de pesquisa, com o fortalecimento da cadeia produtiva do bambu industrializado. Considerando que a industrialização deste vegetal no país é promissora e encontra-se em fase inicial, a produção de pesquisas sobre esse tema contribui como um condutor para o desenvolvimento desse setor, consolidando o embasamento teórico quanto a utilização desse material e incentivando o ensino acerca do emprego dessa tecnologia entre os projetistas

(arquitetura, engenharia e desenho industrial). Dessa forma, através da pesquisa, é possível contribuir para a utilização do bambu industrializado e fomentar toda a sua cadeia produtiva.

Quanto aos objetivos desta dissertação, pode-se listar os seguintes:

Objetivo geral

Analisar as contribuições da industrialização do bambu sobre a forma de laminado colado para a sustentabilidade na construção civil no país tendo em vista as relações entre o projeto e o desenvolvimento tecnológico de produtos, assim como a sua diversificação.

Objetivos específicos

- a) Abordar a importância do projeto (arquitetura e desenho industrial) na configuração sustentável de componentes construtivos;
- b) Conhecer o processo de industrialização e sua importância para os países asiáticos, em especial a China, bem como a América Latina, tomando a Colômbia como caso, compreender os meios e a infraestrutura de produção, e identificar os produtos industrializados de bambu para a construção civil;
- c) Considerar as espécies de bambu adequadas à industrialização.

Para a realização dos objetivos propostos na presente dissertação, adotaram-se os seguintes procedimentos metodológicos:

- a) Revisão bibliográfica sobre a industrialização do bambu e BaLC;
- b) Pesquisa acerca do impacto ambiental causado pela industrialização do bambu;
- c) Investigação da Indústria da Construção Civil no Brasil, considerando aspectos ambientais e socioeconômicos;
- d) Levantamento de dados acerca da industrialização do bambu no Brasil;
- e) Reconhecimento dos componentes construtivos em BaLC apropriados ao setor da construção civil nacional;
- f) Estudo do impacto do projeto arquitetônico e do desenho industrial na consolidação da produção de componentes construtivos em BaLC;
- g) Análise crítica acerca do ensino de materiais não convencionais nos cursos de graduação em arquitetura, em engenharia e em desenho industrial.

Quanto à estrutura da dissertação, essa foi dividida em três capítulos principais, organizados da seguinte forma:

No Capítulo 1, apresenta-se uma revisão de literatura dividida em quatro tópicos, de acordo com seus núcleos temáticos, são eles: desenvolvimento sustentável na construção civil; bambu, o vegetal; industrialização do bambu; e projeto e pesquisa na Indústria da Construção Civil. O primeiro tópico apresenta os conceitos de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável e discorre sobre a Indústria da Construção Civil (ICC) no Brasil, perante análise dos seus aspectos ambientais, ligados ao consumo de recursos naturais e gestão de resíduos, e da sua relevância socioeconômica para o país. Além disso, apresenta-se o bambu como uma alternativa de desenvolvimento sustentável para o setor. O segundo tópico aborda as características do bambu, seus aspectos botânicos, distribuição geográfica e diversas aplicações. Outrossim, explana-se a exploração sustentável do bambu, considerando as estratégias de planejamento ligadas ao manejo sustentável e às políticas públicas voltadas ao incentivo da utilização comercial do bambu no Brasil. No terceiro tópico, discorre-se, a título de contextualização, sobre o cenário da industrialização na China, Colômbia e Costa Rica, países referência quanto a utilização do bambu na Ásia, América do Sul e América Central, consecutivamente. Além disso, trata sobre a industrialização do bambu e o seu principal produto: o Bambu Laminado Colado (BaLC), o impacto ambiental causado por esta atividade e a relação de produtos em BaLC. Além disso, expõe-se o cenário da industrialização do bambu no Brasil. O último tópico trata da atividade de projeto na construção industrializada e da finalidade do projeto dentro do processo de desenvolvimento de um produto. Além disso, explana-se sobre a relação entre o ensino de design e a indústria no Brasil. Por fim, aborda-se a realidade acerca do ensino de materiais não-convencionais nos cursos de arquitetura e engenharia.

No Capítulo 2, explica-se o processo de análise utilizado e o método adotado para desenvolvimento da pesquisa. Além disso, expõem-se os principais conceitos utilizados e as categorias de análise que conduziram a discussão acerca do tema.

No Capítulo 3, apresenta-se a análise da pesquisa, que está dividida em três eixos temáticos: (a) industrialização do bambu no Brasil; (b) sustentabilidade ambiental e desenvolvimento socioeconômico; e (c) projeto, ensino e pesquisa. No primeiro, apresentam-se as potencialidades, limitações e diretrizes para expansão da industrialização do bambu no Brasil, além de indicar uma alternativa viável para a absorção dos produtos em BaLC pela Indústria da Construção Civil nacional.

No segundo eixo abordado, examina-se o desenvolvimento socioeconômico através do bambu industrializado e a introdução de um processo industrial de baixo impacto ambiental. Por fim, no último eixo, avalia-se o papel do ensino e pesquisa no desenvolvimento sustentável, e expõe-se o impacto do projeto no que tange a sustentabilidade do processo de industrialização do bambu, apontando sua importância desde a concepção do produto, até a delimitação das etapas de manufatura. Além disso, aborda-se o projeto como potencial incentivador da utilização de materiais alternativos na construção civil.

Por fim, no tópico Considerações Finais, apresenta-se a conclusão da pesquisa, de acordo com os eixos temáticos abordados no capítulo anterior.

CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA

1. Desenvolvimento sustentável na construção civil

1.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: conceitos

A palavra “sustentabilidade” deriva do latim *sustentare* (sustentar; defender; favorecer, apoiar; conservar, cuidar), que significa a capacidade de sustentação ou de conservação de um processo ou sistema. O desenvolvimento econômico proveniente das revoluções industriais foi alcançado em detrimento da exploração excessiva de recursos naturais e da elevada degradação do meio ambiente. O termo "desenvolvimento sustentável" foi criado em 1987, em decorrência das discussões iniciadas pelo Clube de Roma sobre "Os Limites do Crescimento" em 1972, relatório esse que estimava um prazo de 100 anos para que se alcançasse o limite de crescimento, considerando o crescimento da população mundial, a industrialização, a produção de alimentos e a diminuição dos recursos naturais. A expressão foi apresentada oficialmente na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), e foi definida como "a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades".

Posteriormente, foi elaborado, por Elkington (1994), o conceito do *Triple Bottom Line* (TPL), o qual aponta três pilares para o alcance efetivo da sustentabilidade: ambiental, econômico e social (OLIVEIRA *et al.*, 2012). De acordo com Sachs (2008), existem cinco pilares para o desenvolvimento sustentável, além dos três abordados pelo TPL, acrescentam-se o territorial e o político. Quando se trata de sustentabilidade, os temas ambiental e econômico são os mais comumente citados, as abordagens geralmente visam a redução do impacto ambiental, considerando sua viabilidade econômica. Mas, para o desenvolvimento sustentável, é preciso que as esferas social, territorial e política também sejam consideradas. Isso se diz, pois, o crescimento econômico com menor impacto ambiental deve estar associado à melhoria nas condições de vida da população para que seja considerado desenvolvimento. Por isso, a abordagem social, territorial e política é imprescindível nesse processo, visto que se faz necessário o enfrentamento das relações socioeconômicas problemáticas que presentes em alguns países, a reestruturação da distribuição espacial de recursos, populações e atividades, e a existência de uma administração democrática dos países como instrumento para redução de pobreza e desigualdade no mundo.

Ao longo dos anos, foram incorporadas diferentes interpretações ao conceito de sustentabilidade, elaboradas de acordo com as áreas e os objetivos dos estudos desenvolvidos. Apesar disso, há um consenso sobre a necessidade de uma abordagem transdisciplinar para o tema (MIKHAILOVA, 2004). O desenvolvimento sustentável está associado às dimensões ambiental, tecnológica, cultural e política. São necessárias mudanças fundamentais no modo de viver, produzir e consumir da sociedade para alcançá-lo (YEMAL; TEIXEIRA; NÄÄS, 2011). Além disso, entende-se como desenvolvimento sustentável aquele que melhora a qualidade de vida do homem e promove o desenvolvimento socioeconômico, enquanto respeita a capacidade de produção dos ecossistemas (MIKHAILOVA, 2004).

Em 1988, foi criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o qual é uma organização científico-política com o objetivo de monitorar a mudança climática e propor estratégias para atenuação do problema. O aquecimento global pode acontecer em decorrência de causas naturais ou através da atividade humana, e consiste no aumento da temperatura da camada de ar atmosférico próxima à superfície da terra e dos oceanos. O efeito estufa é um fenômeno natural que equivale a uma camada de gases que cobre a superfície da Terra com o objetivo de aumentar a temperatura do planeta, viabilizando a existência de vida no planeta. Os principais Gases do Efeito Estufa (GEE) são dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), Perfluorcarbonetos (PFC's) e, também, o vapor de água. No último século, de acordo com o IPCC, a temperatura média global aumentou em 0,6°C, isso se deve a enorme emissão de GEE proveniente de atividades humanas como queima de combustíveis fósseis, industrialização, expansão de áreas urbanas, desmatamentos, queimadas, entre outras. Na atualidade, a mudança climática é um tema crucial quando se trata de sustentabilidade, pois as decisões acerca das prioridades ambientais, sociais e econômicas para o presente e o futuro devem ser avaliadas também de acordo com essa perspectiva.

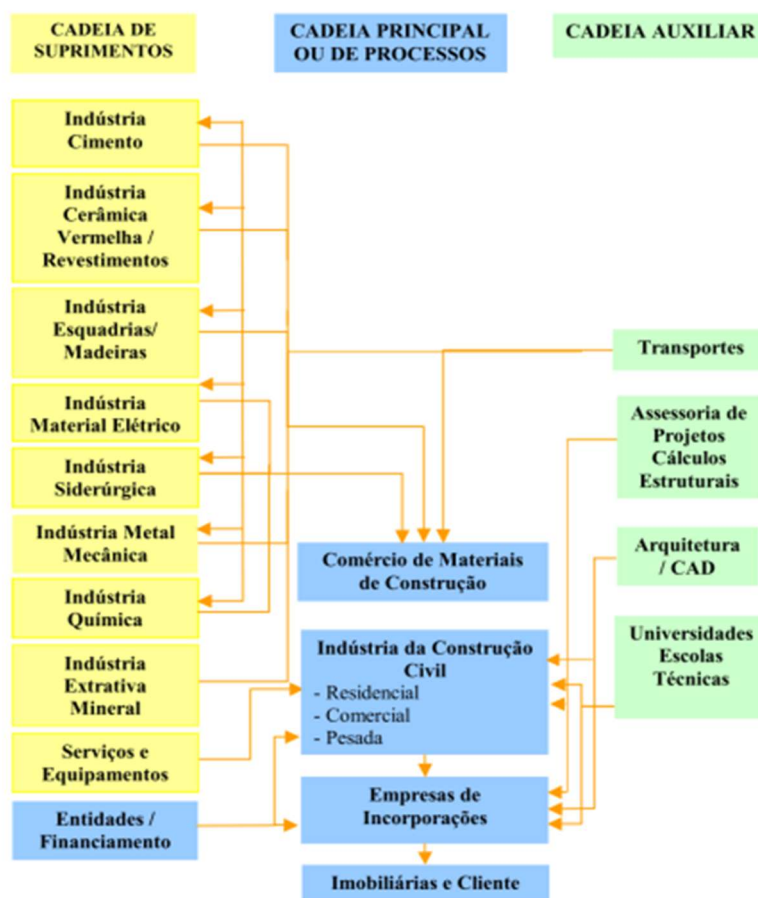
1.2 Indústria da Construção Civil no Brasil

A industrialização é conceituada como o estado mais racionalizado dos processos construtivos, a qual está ligada à produção em ambiente industrial de tais componentes e posterior montagem no canteiro de obras, o que possibilita maior controle sobre o produto final e incentiva a adesão às novas tecnologias (ABDI, 2015). O processo de industrialização na construção civil não consiste necessariamente na substituição das técnicas tradicionais por tecnologias mais avançadas

mas, sim, em um processo que busca através do planejamento, da organização e da racionalização, aumentar os níveis de produtividade e de qualidade dos produtos finais (ALMEIDA, 2017).

A Cadeia Produtiva da Indústria da Construção Civil (ICC) é composta por três grupos industriais básicos: (a) a indústria de suprimentos, essa que produz materiais, insumos e componentes, (b) a indústria de processos, a qual produz edificações e obras de engenharia pesada, e (c) a indústria auxiliar, essa que agrega transportes, assessoria de projeto e P&D, como apresenta a Figura 1. A indústria de suprimentos é formada pelas indústrias de extração de recursos naturais e de produção de elementos e componentes construtivos. A indústria auxiliar é formada por eixos diversos, contemplando desde informação e pesquisa acerca da cadeia de suprimentos e processos, como prestadores de serviços especializados em arquitetura e engenharia, até as empresas transportadoras. Por fim, a indústria de processos é formada pelas indústrias imobiliárias e a que produz edificações, nesse grupo industrial é onde ocorre a integração entre os grupos que formam a cadeia produtiva, a fim de viabilizar um complexo processo de produção (BLUMENSCHNEIN, 2004).

Figura 1 - Modelo de Cadeia Produtiva da ICC



Fonte: BLUMENSCHNEIN, 2004, p. 45

O processo de industrialização da arquitetura perpassa a pré-fabricação, mas não se resume a isso. A industrialização de edificações engloba um processo muito mais complexo de forma de organização e de produção em série, tendo em vista que os elementos pré-fabricados são produzidos fora do canteiro de obras e, posteriormente, montados na construção (BRUNA, 1976). Segundo Krüger (2000), os elementos pré-fabricados têm origem europeia, onde as pesquisas e as experiências com as novas tecnologias construtivas eram incentivadas. No entanto, apenas após o grande déficit habitacional deixado pelo fim da Segunda Guerra Mundial, quando se tornou necessária a construção rápida de residências, essa técnica construtiva ganhou notoriedade na construção civil. Assim como na Europa, os Estados Unidos passaram a investir no processo de industrialização da construção civil, contribuindo bastante para o crescimento da utilização de painéis pré-fabricados e para a diversificação dos materiais usados nesses painéis. Essas técnicas construtivas são utilizadas nesses lugares desde o fim do século XIX e início do século XX.

A arquitetura brasileira, no mesmo período, tinha características construtivas do século XVII, quando os edifícios eram construídos para durar muitos anos, formados por alvenaria e cantaria, sem preocupação com processos de padronização ou de industrialização. Isso é consequência do fato de o Brasil ter sido nessa época lugar de armazenamento de ouro antes do envio para Portugal, por isso, suas construções deveriam ser resistentes. A saída da Corte Portuguesa do Brasil fez com que as famílias com maior poder aquisitivo e as administrações públicas do país se interessassem pelo neoclassicismo europeu, com isso, passaram a importar materiais e técnicas construtivas que eram utilizados na Europa. No entanto, para a utilização dos painéis pré-fabricados, era necessário um treinamento de mão-de-obra especializada, além da compatibilização dos projetos da edificação, uma vez que o planejamento da obra era essencial para a utilização dos painéis pré-fabricados (KRÜGER, 2000).

Nesse contexto, as necessidades de adequação à nova tecnologia supramencionada, associado à cultura construtiva do país, diminuíram o interesse por essa alternativa de vedação. A descoberta do concreto contribuiu para que as técnicas construtivas tradicionais tivessem mais representatividade e esse material passou a ser muito utilizado na construção civil. Além disso, os arquitetos modernistas deram mais visibilidade e força para a utilização do concreto em todos os tipos de edificação (KRÜGER, 2000). O crescimento da construção civil no país não foi acompanhado de medidas que definiam o padrão de qualidade que as construções deveriam ter, apesar de discussões sobre temas como vida útil do edifício, conforto dos usuários, custos de manutenção pós-obra, desenvolvimento sustentável, entre outros, já acontecerem no Brasil há mais de 40 anos (BORGES, 2008).

A falta de interesse por parte das construtoras em regulamentar o desempenho dos edifícios se dá pelo fato de que o consumidor final do produto, em sua maioria, não tem condições de avaliar o funcionamento da edificação, se essa está ou não tendo um desempenho satisfatório, se todos as etapas da obra foram concluídas garantido a durabilidade e a segurança do edifício, entre outros resultados que dificilmente são percebidos pelos usuários das construções, a não ser em casos extremos. No campo das edificações habitacionais, esse cenário iniciou seu processo de mudança em 2013, quando entrou em vigor a Norma de Desempenho de Edificações (NBR 15575), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a qual estabelece as exigências de conforto e de segurança para as habitações, essa norma é a primeira que privilegia o consumidor final da construção e define as responsabilidades de fabricantes, projetistas, construtores e usuários. Além disso, são estabelecidos os resultados que devem ser alcançados, mas as tecnologias e os materiais que podem ser empregados não são definidos.

A partir do início da década de 1950, o interesse pela racionalização e a industrialização dos sistemas teve início devido as normas da ISO 9000, e os primeiros exemplares nacionais de componentes industrializados, ou pré-fabricados, foram com o emprego de concreto armado e aço (ABDI, 2015; KRÜGER, 2000). Segundo o Manual da Construção Industrializada (2015), a industrialização da construção fez com que as decisões tecnológicas antecedessem o desenvolvimento dos projetos, tornando-se necessário um planejamento confiável e aprofundado, a fim de possibilitar a otimização da construção. Além disso, a utilização de sistemas construtivos industrializados alinhou o aumento da produtividade com melhoria de qualidade e controle de desempenho ambiental, comparado aos outros tipos de sistemas construtivos. Apesar disso, o principal sistema construtivo do Brasil ainda é a alvenaria de blocos, sob o falso preceito de que esse sistema entrega maior durabilidade do que os sistemas pré-fabricados (SOTSEK; SANTOS, 2018).

Dessarte, a cadeia produtiva da ICC é considerada por Blumenschein (2004) como tradicional e de evolução lenta. O estágio de desenvolvimento da ICC no Brasil é caracterizado por Meseguer (1991) através de fatores como: inconstância de materiais, componentes e processos; persistente utilização de produtos não seriados; uso de mão de obra pouco qualificada; indefinição de responsabilidades; baixo grau de precisão para orçamentos, prazos e outros serviços; baixo desenvolvimento tecnológico de ferramentas; entre outros.

O impacto ambiental causado pela indústria de suprimentos da ICC, é causado pela extração de recursos naturais, assim como consumo de energia e produção de resíduos. Segundo Blumenschein (2004), no Brasil, apesar de a legislação vigente garantir ações de redução, a extração de recursos naturais pela ICC totaliza 210 milhões de toneladas/ano, sem considerar perdas e agregados utilizados para a pavimentação. Associado ao já elevado volume de extração, a ação clandestina de empresas prejudica as ações voltadas à preservação desses recursos. A extração mineral causada pela construção civil corresponde a 17% do total brasileiro, estimando-se, ainda, que devido à exploração clandestina, esse valor chegue a 33%, na realidade. A exploração da areia causa danos quase irreversíveis ao solo e às águas superficiais, devido à profundidade das escavações, além de destruir ecossistemas, causa danos a flora, a fauna e a paisagem. A madeira é outro recurso natural usado excessivamente pela ICC, estimando-se que 26% a 50% do consumo nacional desse recurso são destinados a esse setor. A extração desse produto vegetal também causa impactos aos ecossistemas. Além disso, o desmatamento florestal contribui para o aumento da temperatura, das alterações climáticas como um todo, e do processo de desertificação das regiões Norte e Nordeste do país (BLUMENSCHIN, 2004).

Quanto à produção de componentes e também de elementos, a utilização dos materiais industrializados convencionais na construção civil proporcionou o desenvolvimento de edificações de grande porte, em larga escala e com um padrão estético e funcional satisfatório. Contudo, o processo de fabricação desses materiais libera CO₂ e outros GEE na atmosfera, além de agravar o efeito estufa, contribuindo assim para o aumento da temperatura no globo terrestre, são responsáveis pela formação de chuvas ácidas que danificam o solo, os cursos d'água e a vegetação (BARBOSA, 2005).

O cimento é utilizado em grande escala pela sociedade contemporânea, como elemento de ligação, estrutural, vedação, entre outros. Esse material tem como principal matéria-prima o calcário, que é abundante e de baixo custo relativo. Por isso, é utilizado como uma solução econômica pelo setor da construção civil para construção de pequenas e de grandes obras. No entanto, a maioria das fases de produção do cimento causa impactos ambientais e à saúde, a começar pela extração de matéria prima, onde há extração de rochas, contaminação de solos e cursos d'água, erosões e rios assoreados, ocasionando degradação e alteração do ambiente natural na região da fábrica, além da emissão de poeira que é prejudicial à saúde humana (MAURY; BLUMENSCHIN, 2012). De acordo com Barbosa (2005), o processo de fabricação do Cimento Portland é responsável

por uma das maiores emissões de CO₂ na atmosfera e, só no Brasil, em 2001, consumiu-se mais de 40 milhões de toneladas desse material. O total de emissões da indústria de cimento é formado por 50% no processo produtivo, 5% no transporte, 5% no consumo de eletricidade e 40% no processo de clínquerização (MAURY; BLUMENSCHHEIN, 2012).

As indústrias do aço, do vidro, do cimento e da cerâmica vermelha necessitam de altas temperaturas em fornos e fornalhas para produção. Por isso, há um grande consumo de energia durante o processo produtivo, o que compõe significativamente o total de custos da produção. Quanto às fontes dessa energia, a indústria do cimento utiliza predominantemente derivados do petróleo e eletricidade, já a indústria de cerâmica vermelha tem como principal fonte energética a lenha. Além disso, o consumo de energia das indústrias de cerâmica vermelha é 21% menor que as de cimento (MANFREDINI; SATTLER, 2008). Para a produção de um vergalhão de aço de 12,5 mm, por exemplo, estima-se um consumo de 80 KWh, e a produção anual desse material é de cerca de 800 milhões de toneladas (BARBOSA, 2005).

O transporte também é um importante emissor de CO₂ e está incorporado aos materiais industrializados, tanto no transporte da matéria-prima quanto do produto. Além disso, também corresponde a uma grande parcela do consumo de energia de base de fóssil da indústria de maneira geral. Outro fator de impacto é a utilização majoritária de veículos com pouca manutenção e desatualizados, o que acarreta no aumento do consumo de combustível, emissão de CO₂ e aquisição de pneus. Em um país de dimensões continentais como o Brasil, o impacto causado pelo transporte é considerável, visto que há uma polarização das indústrias nas regiões Sul e Sudeste que abastecem quase todo o território nacional. Apesar disso, existem poucos estudos que contabilizem dados acerca do transporte de cargas voltado para a ICC (BLUMENSCHHEIN, 2004; CALDAS; SPOSTO, 2017; MAURY; BLUMENSCHHEIN, 2012).

A ICC produz ao longo de sua cadeia resíduos líquidos, gasosos e sólidos, e todos esses precisam receber tratamento e descarte adequado. A gestão de resíduos para o grupo de suprimentos da cadeia produtiva da ICC é regida pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos voltada para diversos setores, entre eles o industrial. De acordo com a legislação, os geradores devem realizar o gerenciamento, o transporte, o tratamento e o descarte de todos os seus resíduos. Além disso, a ISO 14001, sobre Sistema de Gestão Ambiental, abrange o tratamento e o descarte de resíduos, e apesar de o uso não ser obrigatório por lei, muitos processos de licitação a inserem como norma obrigatória. Apesar das normas e da legislação, o descarte de

resíduos no país ainda é feito, muitas vezes, de forma clandestina, ocasionando um grande impacto ambiental e social.

1.3 Sustentabilidade na construção civil

O conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à construção civil foi apresentado na década de 1980 pelo Relatório de Brundtland (1987), o qual definiu desenvolvimento sustentável como "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades". Sendo assim, evidencia-se que existe um limiar mínimo quanto ao bem-estar da sociedade, assim como um máximo para extração de recursos naturais. Entre as ações propostas pelo documento, estão a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, redução do consumo energético, desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes renováveis, crescimento da industrialização com base em tecnologias ecologicamente adaptadas em países não-industrializados, controle da integração desordenada entre o campo e a cidade, e o atendimento às necessidades de saúde, de escola e de moradia da sociedade. Tratando-se diretamente da construção civil, recomenda-se a utilização de novos materiais, reciclagem de materiais e aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia (CORRÊA, 2009; MOTTA, 2009; WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Em junho de 1992 aconteceu, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92, que culminou na Declaração do Rio sobre o meio ambiente. Neste encontro, foram aprovados dois documentos que abordam o progresso econômico associado à consciência ecológica: a Declaração do Rio e a Agenda 21. A Declaração do Rio reafirmou a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972. Além disso, definiu 27 princípios que visam atender às necessidades de desenvolvimento e de preservação do meio ambiente das gerações presentes e futuras. A Agenda 21 representa um acordo consensual, acerca do desenvolvimento sustentável, entre os países presentes na ECO-92, e consiste em um plano de ação que aborda preservação ambiental, justiça social e progresso econômico. A criação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável aconteceu em decorrência da aceitação das proposições desse documento que objetivava atuar na elaboração e na implementação de agendas nacionais para os países interessados (CORRÊA, 2009; MOTTA, 2009).

O conceito de sustentabilidade aplicado à construção civil aborda desde os materiais empregados, as estratégias de projeto adotadas, a eficiência da edificação, o impacto ao entorno, a geração e manejo dos resíduos, até a demolição ou recuperação do edifício. A Análise do Ciclo de Vida dos Produtos (ACVP) é uma ferramenta de análise quantitativa acerca do impacto causado por processos produtivos o que, através dela, é possível fracionar o processo de produção em etapas menores e avaliar os seus impactos individualmente. Esta ferramenta possibilita identificar os impactos em todo o ciclo de vida do produto, em suma, "do berço ao túmulo". Nesse método, considera-se o consumo de água, de energia e de matéria-prima, além das emissões atmosféricas, dos resíduos líquidos e sólidos, entre outros. Esse tipo de avaliação, aplicada aos produtos da ICC, possibilita um conhecimento mais aprofundado acerca dos impactos reais causados por esta cadeia. No Brasil, este método de análise já está sendo implementado, mas apresenta deficiência de dados para alguns setores da cadeia produtiva. Ainda assim, é possível delimitar, de maneira preliminar, os impactos causados pela cadeia produtiva da ICC. Dessa forma, é importante evidenciar que a consolidação desta ferramenta tornará possível a implementação de políticas e de programas específicos (BLUMENSCHNEIN, 2004).

Considerando as políticas públicas voltadas ao incentivo do desenvolvimento sustentável na ICC do Brasil, os estudos de Marques, Bissoli-Dalvi e Alvarez (2018) e Côrtes et al. (2011), identificam programas, incentivos e leis voltadas para este fim em todo o território nacional. Assim, constatou-se, nos últimos anos, o crescimento das iniciativas de gestão ambiental voltadas para a ICC, partindo das campanhas de consumo consciente, como "Nota Verde", "Saco é um Saco", e "Hora do planeta", até a certificação, como "Selo PROCEL" e "Selo Azul". Além disso, foram criados o Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIRB) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). No entanto, essas ações estão voltadas tanto para educação da população quanto ao consumo de energia e água, qualidade do ambiente construído, desempenho de edificações, entorno dos edifícios e destinação de resíduos sólidos. Sendo assim, os materiais empregados pela ICC brasileira não são abordados ou trata-se apenas do seu desempenho, desconsiderando o impacto causado no seu processo produtivo.

O desenvolvimento sustentável se tornou tema de discussões e pesquisas desde a década de 1970, quando a Europa sofria as consequências de uma crise energética de dimensões mundiais quando o consumo de energia de base fóssil era questionado. Entre o final da década 1980 e o início da década de 1990, esse tema foi levado para a arquitetura e o urbanismo de maneira incisiva, uma vez que as estatísticas apontavam para o crescimento da população mundial e das cidades, além do aumento da demanda por todo tipo de recurso. No decorrer dos anos, o tema arquitetura sustentável

se expandiu para outros aspectos do impacto ambiental da construção civil, como o processo de industrialização dos materiais, a eficiência dos sistemas prediais utilizados, a eficiência energética das edificações, o resíduo gerado pela construção, entre outros. Em decorrência disso, emergiu o interesse em diminuir o impacto ambiental causado pela construção civil e os pesquisadores passaram a propor soluções para essas questões. Nesse contexto, a utilização de materiais renováveis tem sido considerada como uma das principais alternativas para a diminuição do impacto ambiental causada pelo crescimento das cidades (GONÇALVES; DUARTE, 2006)

A busca por sistemas construtivos pré-fabricados e industrializados, os quais se adequem melhor ao ritmo acelerado do crescimento imobiliário, fez com que as técnicas construtivas vernáculas e artesanais fossem marginalizadas. Além disso, as principais referências bibliográficas sobre arquitetura, no Brasil, não consideram diretamente a utilização dos materiais não-convencionais, tornando escasso o material de consulta disponível sobre o tema. Como foi visto, os materiais convencionais utilizados na construção civil possuem composições não renováveis e geram muitos resíduos, além de o seu processo industrial liberar gases que contribuem para a poluição do ar e o aumento da temperatura do planeta, havendo também o alto consumo de energia necessário para sua fabricação (BARBOSA, 2005).

Nos dias atuais, as consequências causadas pela industrialização são sentidas de maneira evidente pela sociedade, e as discussões sobre o desenvolvimento sustentável se tornaram mais frequentes. Com isso, há um aumento, pela ICC, no interesse sobre materiais e tecnologias que tenham um processo de fabricação com baixo consumo energético, resíduos biodegradáveis e sejam renováveis. De acordo com Chang *et. al* (2018), os impactos ambientais causados podem ser rastreados em cada fase do ciclo de vida do produto e a maioria deles está na fabricação, incluindo as fases de fornecimento e de processamento da matéria prima. A fim de diminuir esses problemas, a utilização de materiais renováveis tem sido difundida mundialmente, pois além do uso supracitado, também podem se tornar alimento e fonte de energia (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Nesse contexto, o bambu se torna uma excelente alternativa de material construtivo, devido ao fato de ser um material de fácil renovação pela natureza, possuir baixo consumo energético para sua produção, assimilar gás carbônico, além de possuir um crescimento rápido e de baixo custo (TEIXEIRA, 2006). Chang *et. al* (2018) afirmam que houve um aumento de 10% de área de plantação de bambu na Ásia nos últimos 15 anos. Por isso, os autores citados estimam que o sequestro de carbono na China entre 2010 e 2040 terá um aumento de 40%. Ademais, as plantações

de bambu apresentam resultados positivos na conservação da água e na diminuição da erosão do solo. Esses dados, especialmente o de sequestro de carbono, indicam que as plantações de bambu contribuem, de certa forma, com a diminuição dos efeitos da mudança climática.

No Brasil, o bambu é utilizado geralmente para produzir itens de artesanato, utensílios de cozinha e mobiliário. No entanto, os povos indígenas brasileiros empregam esse material como estrutura para construção de suas habitações, além de também utilizá-lo para confecção de outros artefatos. Apesar disso, é identificado que esse material renovável com características tão promissoras é pouco utilizado na nossa cultura construtiva (ALMEIDA, 2017). Um dos principais receios para a utilização do bambu na construção civil no país são, por exemplo, o preconceito e/ou o desconhecimento quanto a sua resistência e durabilidade e a falta de mão de obra especializada. É essencial que os mitos sobre a utilização desse material sejam desfeitos, visto que o bambu se apresenta como uma excelente alternativa para a diminuição dos impactos ambientais causados pela construção civil (ROSA, 2013). Além dessas características, é possível que a utilização do bambu se torne um gerador de renda e fonte de diversificação da economia, além de poder ser utilizado no sistema de autoconstrução de moradias (BARROS; SOUZA, 2004).

A valorização do bambu como material construtivo depende, entre outros, da produção de P&D sobre o tema, para que sua utilização saia do conhecimento empírico e passe a ser técnica, com detalhes construtivos eficientes e possibilite que as construções feitas com esse material sejam vistas como alternativa para a ICC brasileira. Atualmente, nota-se que há um crescimento do interesse pelas atividades de estudo, de pesquisa e de capacitação do bambu por parte de instituições públicas, privadas e do terceiro setor. Além disso, o envolvimento de áreas como, por exemplo, agronomia, arquitetura, botânica, engenharia civil, engenharia florestal, e projeto industrial impulsionaram as atividades da ciência, da tecnologia, da pesquisa e do desenvolvimento, ligadas ao tema bambu (ALMEIDA, 2017).

Para a utilização desse produto na construção civil, alguns aspectos devem ser avaliados, a começar pela escolha da espécie, que deve aliar grande resistência mecânica e baixa vulnerabilidade às pragas que comprometem o seu desempenho estrutural, até as atividades ligadas ao processamento do material, que compreende as etapas de corte, de cura, de secagem, de tratamento e de armazenamento. O uso do bambu como material construtivo possui um cenário favorável devido a suas características, tais como: (a) baixa energia de produção quando comparado aos materiais convencionais; (b) ciclo de crescimento curto e constante, conferindo alta produtividade

ao bambuzal; (c) amplas possibilidades de aplicação na edificação, como elemento estrutural e tubos hidráulicos, por exemplo; (d) aproveitamento quase total do material; (e) dentro da expectativa de ciclo de vida dos produtos convencionais; (f) possibilidade de combinação com outros materiais e (g) produção de resíduos biodegradáveis (GHAVAMI; BARBOSA, 2017). Atualmente, existem muitas produções acadêmicas, por exemplo, Beraldo e Riveiro (2003), Ghavami e Barbosa (2017) e Pereira e Beraldo (2016), voltadas para a análise do manuseio correto do bambu para que suas propriedades não sejam alteradas e para verificações do seu desempenho como material construtivo.

Além das suas características promissoras quanto à utilização do seu colmo para fins construtivos, o bambu possui potencial de criar uma cadeia produtiva a partir dele, promovendo, por exemplo: (a) as atividades de plantio e manejo, ligadas à população rural; (b) a utilização do broto para alimento; (c) a diversificação da economia através da comercialização do próprio bambu na forma de muda e colmos, e seus produtos; (d) desenvolvimento de atividades artesanais; e (e) geração emprego no meio rural e urbano. A industrialização desse material se propõe a ser mais uma atividade dessa cadeia, uma vez que não exclui nenhuma atividade de cunho artesanal, apenas agrega possibilidades socioeconômicas em uma perspectiva sustentável.

2. Bambu, o vegetal

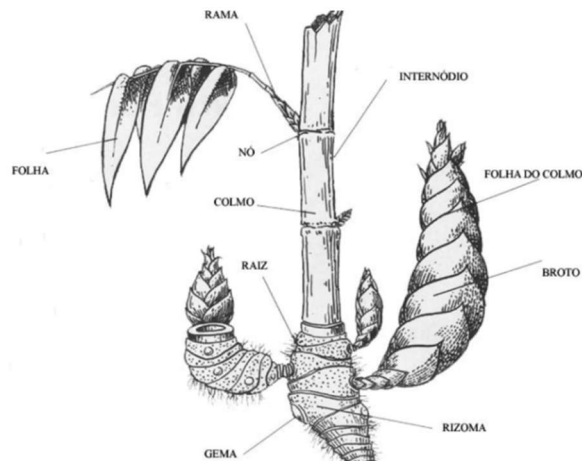
2.1 Aspectos botânicos

O bambu é um vegetal pertencente à família *Graminae* e subfamília *Bambusoideae*, o qual possui cerca de 120 gêneros e 1.600 espécies (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Atualmente, os bambus são classificados em três tribos: *Arundinarieae*, *Bambuseae* e *Olyreae*. Sendo as duas últimas nativas no Brasil. Essa planta é encontrada de forma natural na maioria dos continentes habitados do mundo, com exceção apenas da Europa. No entanto, tem melhor desenvolvimento nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América do Sul. No Brasil, existem exemplares de 89% de todos os gêneros e 65% de todas as espécies de bambu observadas na América, além de possuir 35 gêneros e 258 espécies nativas. Os tipos de bambu variam desde espécies de pequeno porte, com poucos centímetros de altura, até espécies consideradas gigantes, as quais atingem cerca de 30 metros (FILGUEIRAS; VIANA, 2017; PEREIRA; BERALDO, 2016).

O bambu-planta é constituído por raiz, caule, folhas e inflorescências (Figura 2). A parte subterrânea do caule é chamada de rizoma e a parte aérea é o colmo. A parte subterrânea do caule é

o rizoma, que se desenvolve de forma paralela ao solo e é formado por nós, entrenós e escamas formadas por pequenas folhas. É importante ressaltar que o rizoma e a raiz são parte distintas do bambu, a primeiro é responsável pelo armazenamento de nutrientes e propagação da planta, e a outra é encarregada da ancoragem do vegetal no solo e absorção de água e nutrientes (LUIS *et al.*, 2017; SILVA, 2005).

Figura 2 - Morfologia do bambu.



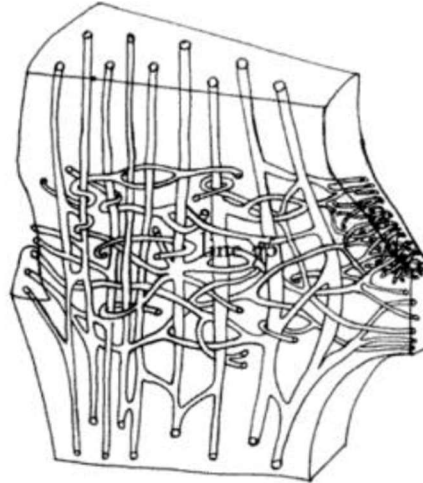
Fonte: NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA, 2004, p. 24

As folhas dessa planta são formadas por bainha e lâmina, com uma lígula na transição entre elas, e possuem mobilidade parcial, o que contribui na busca pela luz. Além disso, na maioria das espécies da tribo *Bambusae*, há dois tipos de folhas: (a) as folhas de colmo que têm como função principal a proteção do colmo jovem e (b) as folhas de ramo, em que suas características funcionais estão voltadas para fotossíntese, respiração e transpiração (FILGUEIRAS; VIANA, 2017).

O bambu-colmo é caracterizado por ter um formato cilíndrico e, na maioria dos gêneros, apresenta o interior vazio. Além disso, é formado por uma sequência alternada de entrenós (internódios) vazios e nós. A parte interna dos nós é denominada de diafragma e é responsável por tornar o colmo desse vegetal mais rígido e resistente, possibilitando a resistência à ação do vento e do peso próprio. Diferentemente das espécies arbóreas, o crescimento do colmo não é acompanhado do aumento do seu diâmetro, visto que esse é invariável desde o seu princípio (PEREIRA; BERALDO, 2016). Características como espessura das paredes e formato do colmo, da cor, textura da superfície, comprimento dos entrenós e a morfologia dos nós variam de acordo com a espécie (FILGUEIRAS; VIANA, 2017). As principais funções dessa parte do vegetal são estruturar a parte aérea e armazenar e conduzir a seiva bruta e elaborada. Além disso, embora não seja sua principal função, os colmos têm a capacidade de realizar fotossíntese. As células dessa parte da planta estão

dispostas de maneira axiforme, protegidas por feixes de fibras, e nos nós apresentam interconexões transversais que conferem resistência (Figura 3). O bambu-colmo é considerado atrativo ao ataque de carunchos, de fungos ou de insetos, pois armazena em parte das suas células o polímero de amido (LIESE, 1998).

Figura 3 - Arranjo dos feixes vasculares na região do nó.



Fonte: LIESE, 1998.

O processo de floração do bambu é distinto das angiospermas, pois é cíclico e ocorre o fenômeno conhecido como monocarpia, que é a floração em massa seguida da extinção de toda a população. No entanto, esse fenômeno é raro na tribo *Olyreae*, em que as plantas florescem anualmente, algumas acontecendo continuamente durante a maior parte do ano. No Brasil, o padrão mais encontrado entre as espécies nativas é o de florescimento cíclico entre as plantas de uma mesma espécie, seguido da morte de toda a população. Sobre o ciclo de floração, sabe-se que ele varia de acordo com a espécie e os estudos sobre o tema sugerem que, normalmente, o ciclo dura de 15 a 35 anos (FILGUEIRAS; VIANA, 2017).

No que se refere ao desenvolvimento do bambu, as espécies são divididas em dois grupos principais: entouceirantes (simpodiais ou paquimorfos), quando formam agrupamentos, e alastrantes (monopodiais ou leptomorfos), quando o crescimento é individual (Figura 4, p. 36) (PEREIRA; BERALDO, 2016). De acordo com Cusak (1999), o tipo de arranjo constituído pelas fibras em volta dos vasos condutores nas espécies entouceirantes torna o bambu pertencente a esse grupo mais resistente sob o enfoque anatômico. No Brasil, não se conhecem espécies nativas do tipo alastrante (FILGUEIRAS; VIANA, 2017).

Figura 4 - Tipos de rizomas.



Fonte: NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA, 2004, p. 22.

As 258 espécies nativas de bambu, no Brasil, estão divididas entre as tribos *Bambuseae* e *Olyreae*. Sendo a primeira formada por bambus lenhosos, com 18 gêneros e 165 espécies. Além de que os maiores gêneros dessa tribo são *Chusquea* e *Merostachys*, os quais possuem muitas espécies com potencial ornamental pouco explorado. Outro gênero importante dessa tribo é o *Guadua* (Figura 5), composto por 19 espécies nativas no Brasil, com bambus do tipo lenhoso de médio a grande porte, e suas dimensões podem chegar a mais de 30 metros de altura e 15 centímetros de diâmetro (FILGUEIRAS; VIANA, 2017; OLIVEIRA; LONGHI-WAGNER; JARDIM, 2006).

Figura 5 - *Guadua tagoara*

Fonte: FLORA DIGITAL¹.

¹ Figura 5: Acessado em: 13 de dez de 2019. Disponível em: < Disponível em: floradigital.ufsc.br>

A segunda tribo, *Olyreae* (Figura 6), é composta por bambus herbáceos e possui 17 gêneros e 93 espécies, dispõe como habitat preferencial a mata atlântica, sendo a Bahia a localização com maiores taxas de endemismo da tribo, no Brasil. De maneira geral, pode-se afirmar que os bambus nativos do Brasil, quando estão em condições ecológicas adequadas e favoráveis, formam populações densas, dominante ou subdominantes (FILGUEIRAS; VIANA, 2017). Na Tabela 1, estão dispostas algumas características de diferenciação entre os bambus herbáceos e lenhosos, como altura, ramificação e consistência do colmo.

Figura 6 - *Olyra obliquifolia* Steud



Fonte: FILGUEIRAS; VIANA, 2017, p. 18.

Tabela 1 - Principais características de diferenciação entre bambus herbáceos e lenhosos.

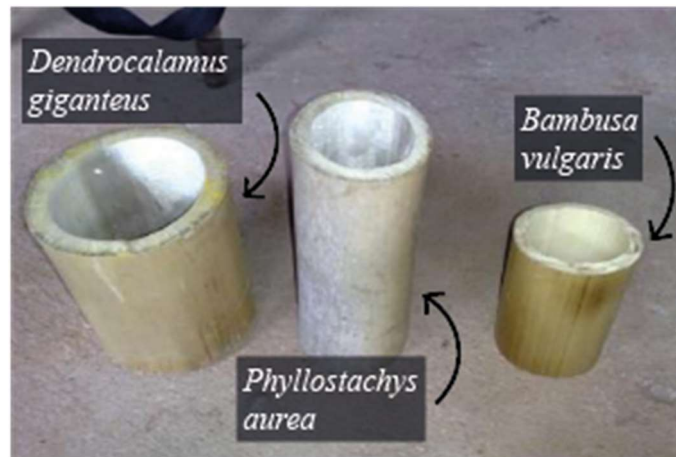
Característica	Herbáceos	Lenhosos
Altura	Normalmente < 2m de altura	De 1 a 35m de altura
Ramificação	Simples	Complexo
Consistência do colmo	Não lenhoso, facilmente quebrável entre dois dedos	Lenhoso, não quebrável entre dois dedos
Floração	Contínua (Policarpia)	Cíclico (Monocarpia)
Exposição direta ao sol	Não tolerante	Tolerante

Fonte adaptada: FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004, p. 12

O bambu possui alta capacidade produtiva. Quando comparado a outros vegetais, seu colmo atinge alta resistência mecânica estrutural após 2 anos e meio. Além disso, possui características que impulsionaram a sua utilização na cultura construtiva dos países asiáticos, sendo algumas delas sua forma tubular acabada, estabilidade estrutural, baixo custo de produção, peso específico baixo, facilidade de transporte e trabalhabilidade do material. No Brasil, as espécies mais usadas (Figura

7) para este fim do tipo entouceirante são *Dendrocalamus giganteus*², e *Bambusa vulgares*, e dentre os alastrantes são *Phyllostachys aurea* e *Phyllostachys heterocycla pubescens*, todos nativos da Ásia (MARÇAL, 2008).

Figura 7 - Corte de colmos de *Dendrocalamus giganteus*, *Bambusa vulgares* e *Phyllostachys aurea*.

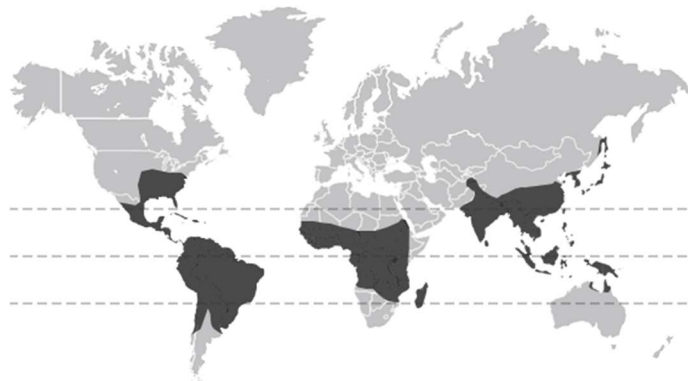


Fonte adaptada: MARÇAL, 2008, p. 11

2.2 Distribuição geográfica

A disseminação deste vegetal ocorre naturalmente entre as latitudes 45° 30' Norte e 47° Sul e acontece desde o nível do mar até em grandes altitudes. Ainda assim, a maioria das espécies encontram-se em áreas quentes com chuvas abundantes (Figura 8). De modo geral, a maior parte das espécies atinge um bom desenvolvimento no clima tropical e temperatura entre 8°C e 36°C, com precipitações anuais iguais ou superiores a 1.200mm. Além disso, o bambu não apresenta elevada necessidade quanto a fertilidade do solo, mas seu crescimento é consideravelmente melhor em solos férteis, soltos, bem drenados, e com pH entre 5,0 e 6,5 (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Figura 8 - Distribuição geográfica natural do bambu no mundo.



Fonte adaptada: HIDALGO-LÓPEZ, 2003, p. 33.

² Bambu gigante

Na América, localizam-se 40% das espécies de bambus lenhosos do mundo, cerca de 22 gêneros formados por 320 espécies, sendo o Brasil o país de maior diversidade, concentrando 89% dos gêneros (FILGUEIRAS; VIANA, 2017; LONDOÑO, 2004). É possível identificar a presença de espécies de bambus em quase todo o território brasileiro, e estima-se que 65% delas são nativas da Mata Atlântica, 26% da Amazônia e 9% do Cerrado (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004). Além disso, existem no país mais de 20 espécies cultivadas introduzidas, algumas aconteceram no período colonial e outras são recentes. Por fim, pode-se afirmar que o Brasil possui o maior número de espécies de bambu nativo do Novo Mundo (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2011).

2.3 Aplicações

A utilização do bambu é internacionalmente difundida entre a população rural. Estima-se que na China existam 4 mil diferentes usos tradicionais para o bambu, que vão desde as atividades de agricultura, construção e artesanato, até as de cunho cultural e artístico (PEREIRA; BERALDO, 2016). No meio rural do Brasil, utiliza-se esse vegetal para diversos fins, tais como cercas vivas, cercados de animais, suporte para plantações, entre outros. Ainda assim, o artesanato é a aplicação desse material mais difundida em território nacional (GRAÇA, 1992). Além dessas aplicações, na cultura asiática, utiliza-se o broto do bambu como alimento e o colmo para fins medicinais.

Adentrando ao universo da construção civil, em geral, utiliza-se o bambu-colmo para produzir painéis de vedação, tubulações hidráulicas, elementos estruturais (pilares e vigas), cobertura de telhado, esquadrias e mobiliário, bem como para a construção de moradias. O processamento do colmo, atividade industrial, viabiliza a obtenção de chapas que são transformadas em pisos, em painéis e em componentes construtivos, além de se tornarem insumo para a indústria moveleira. Outrossim, o campo de pesquisa acerca do bambu como material construtivo associa esse vegetal com outros materiais, a fim de obter produtos finais com característica mista e mais sustentáveis. Estuda-se a substituição do ferro em estruturas de concreto armado, a associação de bambu e madeira para a produção de vigas e de pilares, entre outros. Considerando o emprego desse vegetal em processos industriais, pode-se produzir celulose, carvão, tecidos, carvão, biodiesel, biomassa, entre outros, como pode ser observado na Figura 9 (p. 40). Dentre a produção industrial desse vegetal, o Bambu Laminado Colado (BaLC) é o produto mais utilizado na atualidade.

Figura 9 - Possibilidade de uso do bambu



Fonte adaptada: PEREIRA; BERALDO, 2016, p. 200.

2.4 Emprego sustentável do bambu

O cultivo do bambu tem grande potencial agrícola, pois é um vegetal perene que apresenta grande capacidade reprodutiva, de forma assexuada ou vegetativa, e tem um bom rendimento anual por hectare, além de se desenvolver em um curto espaço de tempo. Para que a reprodução do bambu seja feita de forma controlada, deve-se adotar a forma assexuada, pois a produção de sementes desta planta ainda é um fenômeno pouco dominado pela ciência e, assim, é possível produzir plantas com uniformidade genética fenotípica (GUILHERME; RIBEIRO; CEREDA, 2017).

Para realizar a reprodução vegetativa do bambu, pode-se utilizar a parte aérea e subterrânea para as espécies do tipo entouceirantes e apenas a parte subterrânea para as alastrantes. Os métodos utilizados para essa atividade são: (a) transplante total, em que se retiram os propágulos completos, formados por colmo, rizoma e raiz; (b) transplante parcial, quando os propágulos são formados por parte do colmo, rizoma e raiz; (c) por parte do rizoma, no qual os propágulos são constituídos por rizoma e raiz; (d) por parte do colmo, quando os propágulos são formados pelo segmento do colmo, com uma ou mais gemas primárias brotadas ou não brotadas; e (e) por ramos laterais, no qual se utilizam os ramos laterais da parte superior do colmo, com duas a três gemas, como estacas. Dentre os métodos apresentados, apenas os dois últimos não são adequados para as espécies alastrantes. Outrossim, as mudas devem brotar e crescer ao brigo da insolação direta e receber regas frequentes, com exceção das mudas feitas utilizando o método por pedaço do colmo (HIDALGO-LÓPEZ, 2003; PEREIRA; BERALDO, 2016). Um desafio para a plantação em escala industrial do bambu é a dificuldade para a produção rápida em grandes quantidades de mudas, a multiplicação dos colmos

depende da reprodução *in vitro* em laboratório (GUILHERME; RIBEIRO; CEREDA, 2017; NOGUEIRA *et al.*, 2017).

Considerando a etapa de colheita dos colmos, o corte não deve ser feito durante a época de crescimento da planta, pois há o risco de danificar os brotos em desenvolvimento. Para as espécies do tipo entouceirante, esse momento acontece de dezembro a março, e para as alastrantes de agosto a novembro. A estação seca é a mais apropriada para realizar o corte, pois os colmos apresentam menor teor de umidade e menor quantidade de seiva circulando, essas características tornam o colmo mais leve para o transporte, menos atrativos ao ataque de insetos e, também, a secagem mais rápida. No caso do Brasil, o período seco normalmente coincide com temperaturas mais baixas, quando os insetos xilófagos estão menos ativos ou em hibernação. Segundo Hidalgo-Lopez (1974), acredita-se que as fases da lua também interferem na atratividade do colmo ao ataque de insetos, sendo indicado o corte na fase da lua minguante.

As ferramentas utilizadas para realizar o corte dos colmos geralmente são motosserra, machado, serrote, facão, entre outros. O método de corte é determinado pela espécie de bambu; para as alastrantes, o corte deve ser feito na linha do solo, enquanto que para as entouceirantes deve ser feito cerca de 20 centímetros acima do solo e imediatamente acima de um nó, a fim de evitar o acúmulo de água e apodrecimento da seção remanescente do colmo. A idade do colmo a ser colhido varia de acordo com uso em que ele será empregado mas, independentemente do uso final, é necessário que anualmente a plantação seja vistoriada para retirada de colmos maduros, isso faz com que melhore o seu desenvolvimento global (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Quanto ao manejo, a colheita do colmo do bambu é determinada pela idade, pois as diferentes formas de emprego do bambu-colmo dependem da maturação da planta, por exemplo: (a) até os 30 primeiros dias, o colmo pode ser aproveitado como alimento, (b) entre seis meses e um ano para o artesanato, (c) com dois anos pode ser aproveitado para fazer ripas e esterilhas, e (d) entre 3 e 5 anos pode ser utilizado como elemento estrutural e insumo para o BaLC. É possível identificar o nível de maturação do colmo através de análise de características como (a) posição do colmo na touceira, os colmos imaturos situam-se nas periferias da touceira, (b) teor de umidade, quanto mais maduro o colmo menor seu teor de umidade e a maior concentração está na base, (c) dureza externa, a superfície externa dos colmos imaturos apresenta menor dureza, (d) cor, os colmos maduros geralmente não apresentam coloração acentuada e possuem manchas em sua superfície. Para realizar o manejo controlado das touceiras de bambu, o ideal é realizar a marcação anual dos colmos, para

que a idade seja reconhecida a partir da quantidade de marcações, este método, por exemplo, é utilizado pela Unesp-Bauru (HIDALGO-LÓPEZ, 2003; PEREIRA; BERALDO, 2016).

O manejo da touceira é uma etapa essencial para o desenvolvimento da industrialização do bambu, pois através dela é possível garantir a boa produtividade, saúde da população de bambu e a uniformidade de qualidade dos colmos. É importante ressaltar que essa etapa varia de acordo com o aproveitamento do colmo, nesse caso, trataremos do manejo do colmo para a produção do BaLC. Isto posto, evidencia-se que o estabelecimento da plantação de bambu acontece entre cinco e sete anos, e é a partir desse período que os colmos da touceira atingem diâmetro, espessura da parede e altura característicos da espécie. O manejo inicial da touceira acontece, geralmente, no quinto ano, quando se realiza a limpeza da moita e são colhidos os colmos maduros. As touceiras, invariavelmente, possuem colmos de diferentes idades, classificados como: (a) brotos, quando têm idade menor que um ano; (b) jovens, quando têm de um a três anos; e (c) maduros, esses que têm idade superior a três anos. De maneira geral, deve-se fazer uma colheita anual dos colmos maduros e também uma limpeza anual, retirando colmos defeituosos ou com potencial de congestionar a moita, para garantir uma boa produtividade média da plantação. Logo, estima-se que são formados dez novos colmos por ano em cada touceira, alcançando-se uma produtividade entre 10 t/ha a 30 t/ha (GUILHERME; RIBEIRO; CEREDA, 2017; HIDALGO-LÓPEZ, 2003; PEREIRA; BERALDO, 2016).

Quanto à legislação, sabe-se que a cultura do bambu é um importante fator potencial de desenvolvimento para o Brasil. No ano de 2005, representantes de instituições públicas e privadas participaram de uma reunião com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) sobre o Inventário Florestal Brasileiro e, nele, propuseram a inclusão do bambu. Também em 2005, entrou em vigor a primeira Lei acerca da cultura do bambu a ser formulada no Brasil, a Lei nº 15.951, a qual instituiu a Política Estadual de Incentivo à Cultura do Bambu, passando a fazer parte da política estadual de Minas Gerais para o desenvolvimento agropecuário. Compreende, portanto, o desenvolvimento agrícola do bambu, voltado para a produção de colmos, para a extração de brotos e para a promoção do desenvolvimento socioeconômico regional (MINAS GERAIS, 2005). Em 2006, estruturou-se a Rede Brasileira do Bambu (RBB) com o intuito de congregando incentivadores, técnicos, pesquisadores e profissionais em torno do desenvolvimento da P&D da cultura do bambu no Brasil. Ainda em 2006 e também em 2010, foram realizados o primeiro e o segundo Seminário Nacional do Bambu, nesses eventos, também foi feita a estruturação e a consolidação da RBB (ALMEIDA; MAGALHÃES, 2010; ALMEIDA; TEIXEIRA, 2006; COSTA, 2014; RADAİK, 2018).

Essa sucessão de acontecimentos desencadeou duas ações do governo federal voltadas para o bambu. A primeira, foi a assinatura do Memorando de Entendimento entre os Ministérios da Ciência e Tecnologia do Brasil e da República Popular da China, em abril de 2011. Esse documento formaliza a cooperação entre os países na área da tecnologia, ciência e inovação com foco no desenvolvimento do bambu, que inclui pesquisa técnico-científica, o desenvolvimento técnico e a produção. O interesse do Brasil nessa parceria é de transferência do conhecimento tecnológico da China nesse assunto, para as instituições nacionais, a fim de se estabelecer um caminho concreto para o desenvolvimento através do bambu. Em contrapartida, a República Popular da China visa, através desse acordo, ampliar as plantações comerciais de bambu, visto que a oferta desse material está quase insuficiente para a demanda industrial do país (BRASIL; CHINA, 2011; RADAIK, 2018).

A Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e à Cultura do Bambu (PNMCB), instituída em setembro de 2011 pela Lei nº 12.484, popularmente conhecida como "Lei do Bambu", é a outra ação do governo federal no sentido de promover o desenvolvimento através do bambu. Essa lei tem como objetivo o desenvolvimento da cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados. Através da PNMCB, o governo pretende: (a) reconhecer e enaltecer o valor do bambu nos âmbitos ecológico, econômico, social e cultural; (b) impulsionar o desenvolvimento tecnológico do manejo sustentado, cultivo e das aplicações do bambu; (c) estimular o desenvolvimento de polos de manejo sustentado, cultivo e de beneficiamento de bambu. Os instrumentos determinados são crédito rural, assistência técnica, certificação dos produtos destinados à comercialização. Além disso, atribui aos órgãos competentes a responsabilidade de incentivar as iniciativas de P&D, orientar o cultivo e a extração dos brotos para alimentação, estabelecer parcerias com instituições públicas e privadas, promover o comércio externo e interno do bambu e subprodutos, e encorajar o intercâmbio entre instituições congêneres nacionais e internacionais. Além disso, é importante ressaltar que a mencionada Lei tem como foco as unidades familiares rurais (BRASIL, 2011).

Almeida (2015) considera a PNMCB um marco legal quanto ao reconhecimento do potencial de desenvolvimento do bambu. Apesar disso, o autor identifica algumas lacunas que desfavorecem a aplicação da Lei no país. Primeiramente, evidencia que essa estabelece diretrizes e instrumentos, mas não institui programas ou projetos como ponto de partida para aplicação da Lei, como a absorção do bambu pelos programas de moradia popular urbana e rural, e o de alimentação escolar. A incorporação de produtos em bambu nesses programas teria a capacidade de impulsionar a fabricação de elementos que tem esse vegetal como matéria-prima. Além disso, outro fator apontado

pelo autor, a desvinculação da PNMCB do Memorando de Entendimento entre Brasil e China, esclarecendo que, apesar do acordo de cooperação entre os países, a produção industrial nacional não está ajustada à internacional. Isso porque, desde a assinatura do memorando, não houve medidas do governo para atingir o desenvolvimento técnico e industrial almejado no documento.

Em 03 de setembro de 2020, foi lançada a Frente Parlamentar mista em apoio ao Bambu, que se denominou "Frente do Bambu", a qual tem como finalidade o seguinte: (a) acompanhar, propor e avaliar programas e propostas referentes ao bambu; (b) sugerir e discutir políticas públicas de inclusão das espécies de bambu nas áreas agrícolas e florestais, construção civil, merenda escolar, programas de agricultura familiar, preços mínimos da Conab e política nacional de segurança alimentar e energética; (c) regulamentação da Lei do Bambu; (d) proposição de soluções legislativas, com o apoio de entidades representativas do bambu, especialistas e instituições de ensino superior e pesquisa; (e) contribuir para a aprovação de propostas que tratam sobre a cultura do bambu no Congresso Nacional; (f) realizar eventos para debate da importância da cultura do bambu; (g) articular e integrar as iniciativas e atividades referentes à cultura do bambu; (h) estimular e divulgar pesquisas referentes ao bambu; (i) impulsionar o conhecimento, do Parlamento Brasileiro e da sociedade, sobre as potencialidades do bambu; e (j) incentivar e apoiar a criação de frentes parlamentares em apoio ao bambu nas Assembleias Legislativas.

A Frente Parlamentar, em sua criação, foi apoiada por 218 Deputados Federais e 25 Senadores. Além disso, os membros da Sociedade Civil podem se tornar integrantes através da solicitação de cadastro, junto a posterior homologação ocorrida pela maioria dos membros do Conselho Executivo (BRASIL, 2020). A criação dessa Frente Parlamentar tem uma repercussão positiva na utilização do bambu no Brasil, além de ser um reanimador da PNMCB. Ainda assim, é importante ressaltar que a criação de políticas públicas, viabilizando e incentivando a utilização do bambu, tem a maior importância para criação da demanda pela utilização desse vegetal.

3. Industrialização do bambu

3.1 Contextualização: China, Colômbia e Costa Rica

Desde o período neolítico, há o uso do bambu na China e, desde a fundação da República Popular da China, em 1949, o governo promove o desenvolvimento do setor do bambu através de políticas públicas e de investimentos. O bambu é um importante recurso para economia chinesa, em

decorrência da carência e da deficiência de componentes florestais e madeireiros no país. A espécie *Phyllostachys pubescens* é a mais cultivada neste território, correspondendo a 70% do mercado e da área plantada. Durante a década de 1990, houve um grande investimento na industrialização deste vegetal, com foco em ciência, em educação e em tecnologia, o que tornou o país o líder mundial em processamento e utilização do bambu. O processo produtivo do bambu, considerando plantio, manejo e aplicações, proporcionou o desenvolvimento sustentável da população, visto que combina benefícios ambientais, econômicos e sociais. A adoção das políticas de desenvolvimento industrial do bambu garantiu empregos nos meios urbano e rural e, com isso, proporcionou ao país uma estabilidade econômica significativa (OSTAPIV; FAGUNDES, 2008).

A industrialização desta gramínea surgiu como uma alternativa tecnológica para potencializar a utilização do material, permitindo a confecção de novos formatos para os produtos feitos em bambu. O produto industrializado do bambu é considerado uma alternativa a muitos produtos usualmente feitos em madeira de densidade média, inclusive os componentes construtivos. De acordo com Almeida (2017), considera-se industrialização a transição da produção artesanal para mecanizada, ou seja, a implementação de um processo produtivo que envolve maquinário e uma organização social e produtiva compatível. Há uma grande variedade de produtos provenientes do processamento industrial do bambu, que são, por exemplo: alimento, papel, componentes da construção civil, transportes, placas compensadas, carvão, biomassa, biodiesel, tecido, elementos de paisagismo, fármacos e produtos medicinais. Ademais, as plantações de bambu atuam na preservação do meio ambiente, através da proteção do solo do processo de erosão e do sequestro de carbono.

Na América Latina, a utilização do bambu acontece desde a era pré-colombiana e, atualmente, em alguns países, há um crescente interesse pelo emprego desse material em sua forma industrializada. Todos os países dessa região apresentam usos para o bambu, entretanto, estas atividades não apresentam nenhum impacto na economia local da maioria deles (LONDOÑO, 2001).

Estima-se que, na América Latina, a floresta de bambu se estende por cerca de 11 milhões de hectares, de maneira descontínua e heterogênea. Essa região é a mais rica das Américas, no que diz respeito a quantidades de espécies de bambu lenhoso, encontrando-se exemplares desses em quase todos os habitats, com exceção apenas das regiões desérticas. De maneira geral, as espécies mais utilizadas nessa parcela do continente são do gênero *Guadua* e *Bambusa*. Além disso, poucas

espécies são cultivadas em plantações comerciais, são elas: *Guadua angustifolia*, *G. amplexifolia*, *Bambusa vulgaris*, *B. tuldoides* e *Phyllostachys aurea*. O Brasil é o país com maior diversidade de espécies de bambu lenhoso da América Latina, seguido da Colômbia, onde o bambu se apresenta como um importante fator econômico e cultural. A Costa Rica é outro país onde o bambu apresenta um significativo impacto econômico, além disso, nela se encontra a maior diversidade de bambu lenhoso da América Central (LONDOÑO, 2001).

A espécie *Guadua angustifolia* é a mais utilizada na Colômbia, e está entre as espécies prioritárias. As espécies do gênero *Guadua*, de maneira geral, são as mais utilizadas entre a população que reside entre 0 e 1500 metros de altitude. Além disso, a Colômbia é referência mundial quanto à pesquisa acerca dessa espécie, que tem como foco os estudos sobre captura de CO₂, taxonomia, genética molecular, biotecnologia, biomassa, fertilização, manejo, entre outros. Esse país foi o pioneiro na utilização do bambu para fins estruturais e também no desenvolvimento de tecnologias construtivas com o vegetal. Além disso, adotou normas específicas para cultivo, manejo, utilização na construção civil, mobiliário e pré-industrialização. Diante disso, o país se tornou referência em diversos temas que envolvem a utilização desse vegetal, como botânica e ecologia, mas principalmente em arquitetura e em engenharia. Apesar disso, a potencialidade econômica e social do bambu para este país não é plenamente atingida, devido à carência de políticas públicas voltadas para essa atividade tão promissora (LONDOÑO, 2011).

Na América Latina, há uma grande utilização do bambu colmo para construção de habitações na Colômbia e Costa Rica. Nesses países, a construção de bambu faz parte da cultura local e é difundida pela população. Além disso, foram realizados programas de habitações econômicas utilizando o bambu como matéria-prima, os quais são Projeto *Malavar-Manizales* (Colômbia) e o Projeto Nacional de Bambu (Costa Rica). Considerando o cenário referente à utilização do bambu industrializado, a China é o país referência em tecnologia para esta aplicação do vegetal. Nos países da América Latina, mesmo os que possuem a cultura da utilização do bambu consolidada, o emprego desta gramínea é majoritariamente feito de forma tradicional, sem o processamento do colmo.

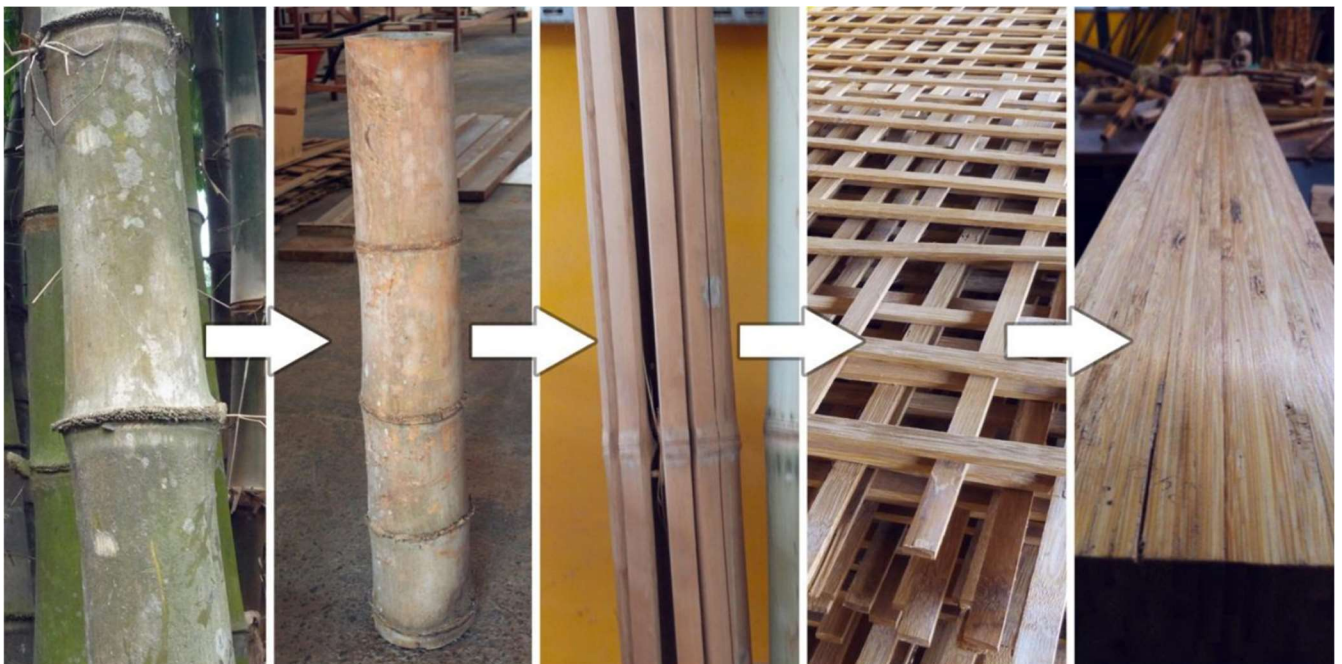
3.2 Bambu Laminado Colado (BaLC)

Atualmente, a maior utilização do bambu é no setor industrial. Através de um processo similar ao da Madeira Laminada Colada (MLC), o Bambu Laminado Colado (BaLC) é a forma de industrialização desse material mais utilizada e, além de agregar valor aos produtos feitos em bambu,

pode substituir a madeira como insumo para produção de alguns produtos, como por exemplo: itens de mobiliário, componentes construtivos e utensílios domésticos. Na China, há um desenvolvimento acentuado de produtos feitos em BaLC, como cortinas, pisos, assoalhos e utensílios domésticos, em que muitos deles são exportados para a Europa e os Estados Unidos. Portanto, entende-se que o desenvolvimento de produtos em BaLC tem características promissoras, tanto com a utilização de um material renovável, que pode ser uma alternativa para a redução do consumo de madeira, quanto com relação ao mercado internacional (ALMEIDA, 2017; PEREIRA; BERALDO, 2016).

A fabricação deste material industrializado consiste em um processo mecânico de ripamento do colmo do bambu, seguido de colagem das ripas lado a lado, formando tábuas, e a posterior colagem das tábuas umas sobre as outras. Esse processo se repete até que se chegue nas dimensões e nos formatos necessários para confecção do produto desejado (Figura 10). Além disso, essas peças podem ser retilíneas, curvas ou mistas. A estrutura necessária à produção do BaLC se assemelha a uma marcenaria, embora seja possível desenvolver peças de forma artesanal com o auxílio de poucas máquinas, ainda que com uma capacidade produtiva muito menor.

Figura 10 - Processo de produção do BaLC



Fonte: FERREIRA, 2014, p. 40.

A laminação do bambu é um processo industrial e requer a implementação de um planejamento produtivo e de procedimentos sistemáticos, os quais abrangem desde a escolha da espécie, do plantio e do manejo do bambu, até o acabamento do produto final. É importante frisar que a escolha da espécie, assim como o manejo da plantação e a colheita são fatores determinantes

quanto a qualidade final do produto. Sendo assim, para a produção do BaLC, só devem ser empregados colmos provenientes de plantações controladas. O processo de fabricação simplificado do BaLC é dividido em sete etapas, que compreendem: (a) a escolha espécie de bambu indicada para a industrialização; (b) a escolha dos colmos; (c) o ripamento dos colmos; (d) a imunização; (e) a secagem e estocagem; (f) a colagem das ripas, e (g) os ensaios e produção de corpos-de-prova e protótipos. A produção industrial do bambu requer, ainda, a associação das atividades de projeto, considerando o planejamento da produção e o suporte e incentivo da pesquisa (ALMEIDA, 2017; PEREIRA; BERALDO, 2016).

3.2.1. Gêneros e espécies de bambu indicadas para industrialização

O bambu é um material versátil e que pode ser facilmente processado, tanto manualmente como industrialmente. Para o uso industrial, é necessário que o colmo do bambu tenha o diâmetro e a espessura de parede adequadas, além de apresentar boas propriedades mecânicas quanto a resistência à compressão, à tração e à flexão (PATURY; ALMEIDA; ZANONI, 2018). Segundo Moizés (2007), as espécies mais utilizadas para cultivo e processamento, são: *Dendrocalamus giganteus*, *Bambusa vulgaris*, *Guadua angustifolia*, *Gigantochloa apus*, *Phyllostachys pubescens* e *Dendrocalamus latiflorus*.

De acordo com Almeida (2017), a espécie de bambu mais utilizada para industrialização de produtos da construção civil, no Brasil, é o *Dendrocalamus asper*, por apresentar generosa dimensão na parede dos seus colmos. Além disso, Pereira (2001) destaca que essa espécie possui propriedades mecânicas eficientes, com desempenho melhor que outras espécies de *Dendrocalamus*, *Guadua* e *Bambusa*. Destaca-se, ainda, que, além de apresentar uma excelente taxa de crescimento, ela é entouceirante e de grande porte, sendo algumas características dos seus colmos: altura entre 20 e 30 metros, diâmetro de 8 a 20 centímetros, espessura da parede entre 11 e 20 milímetros e distância entrenós de 20 a 45 centímetros (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Considerando a aplicação das placas de BaLC para produção de mobiliário e utensílios domésticos, Beraldo e Abbade (2003) identificaram a viabilidade de utilização de placas que combinam as espécies *Dendrocalamus asper* e *Bambusa vulgaris*. Além disso, de acordo com Beraldo e Riveiro (2003) e Lapo e Beraldo (2008), o BaLC feito com o *Dendrocalamus giganteus* pode ser considerado um material leve e apropriado para a confecção de cabos de ferramenta, utensílios domésticos e pisos. Quanto ao emprego do BaLC para elementos estruturais, Paes et al.

(2009) e Lima Júnior e Dias (2001) afirmam a adequação da espécie *Dendrocalamus giganteus*, desde que sejam verificadas características como a idade do colmo, a orientação das ripas na produção das placas e o adesivo aplicado. A espécie *Dendrocalamus asper* é indicada, por Rusch et al. (2019), para elementos que necessitem de média a alta resistência mecânica. Além disso, de acordo com Oliveira et al. (2017), a associação do *Dendrocalamus asper*, espécie de bambu, e o *Eucalyptus urograndis*, espécie de madeira, para a produção de um material denominado de Flex, resulta em um produto equivalente aos de madeira normalmente comercializado para fins estruturais.

3.2.2. Escolha dos colmos

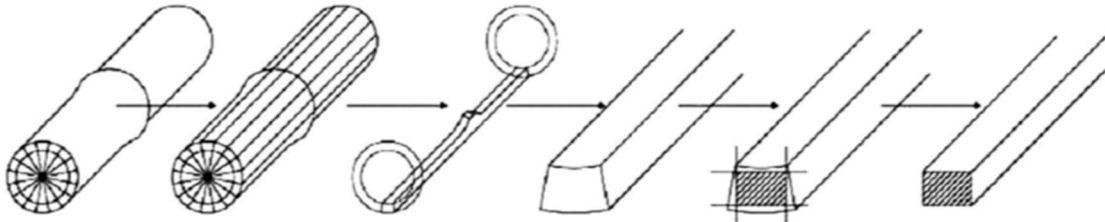
Sabe-se que fatores como espécie, idade do colmo na época de corte, teor de umidade, presença de nós, condições climáticas, época da colheita e altura do corte influenciam no desempenho das características mecânicas do bambu. Portanto, indica-se que a colheita do bambu seja feita após, no mínimo, 5 anos do seu plantio, pois é quando seus tecidos constituintes atingem a maturidade e, conseqüentemente, os colmos atingem sua maior resistência mecânica, além de apresentar as características como diâmetro, espessura da parede e altura do colmo, característicos de sua espécie. Além disso, indica-se que o corte seja feito na estação seca, a fim de não danificar o crescimento de brotos, também nessa época os colmos apresentam menor teor de umidade e menor quantidade de amido em sua composição, o que diminui o grau de ataque de insetos ao colmo. Para a obtenção das ripas, é necessário que o colmo possua espessura mínima de parede de 8mm (PEREIRA; BERALDO, 2016).

3.2.3. Ripamento dos colmos

O processo de extração das ripas (Figura 11, p. 50) inicia-se pelo corte transversal e posteriormente longitudinal da peça. A ripa extraída do colmo do bambu possui faces internas, que são menor resistência devido a menor quantidade de fibras, e externas, que tem maior quantidade de fibras, são compactas e cobertas por uma cera. Essas características das faces influenciam na densidade, no teor de umidade, na retrabilidade e na adesão, diminuindo o desempenho das taliscas quanto ao processamento e aderência aos adesivos. Portanto, as faces das ripas são retiradas para produção da talisca e a parte central é considerada a matéria prima principal da utilização industrial do bambu (ROSA, 2013). De acordo com Pereira e Beraldo (2016), a extração das taliscas deve ser feita na região mais próxima da casca (face externa) por ter características de maior resistência.

Além disso, a fim de potencializar o aproveitamento em altura e reduzir as perdas devido ao formato arredondado do colmo, adotam-se a espessura entre 5 e 6 milímetros e largura de 20 milímetros como as dimensões para as taliscas.

Figura 11 - Processo de obtenção das taliscas de bambu.



Fonte adaptada: MAHDAVI; CLOUSTON; ARWADE, 2011, p. 1039

Pereira e Beraldo (2016) apontam para a utilização de alguns tipos de maquinário para o processo de ripamento, como serra circular destopadeira, serra circular refiladeira dupla e plaina. Entretanto, Mahdavi, Clouston e Arwade (2012) evidenciam que a utilização de martelos para a planificação do bambu e as lixas para a remoção de camadas externas e internas, apesar de envolverem mais tempo de trabalho intensivo, têm um desempenho similar ao mesmo processo feito no maquinário tradicional.

3.2.4. Imunização

O bambu é um material vegetal e, por isso, sua durabilidade, comportamento e desempenho são variáveis de acordo com o tratamento e as técnicas de aplicação utilizadas. A vida útil desse material quando não tratado é de aproximadamente três anos, enquanto que recebendo o devido tratamento, esse tempo pode ser superior a 15 anos. O processo de deterioração do bambu colmo natural, geralmente, acontece quando há exposição ao ambiente externo e/ou o contato com o solo, através da ação de fungos e insetos, sendo o caruncho *Dinoderus minutus* o de maior incidência nesse tipo de ataque. A quantidade de amido existente no colmo do bambu está diretamente ligada ao aparecimento de insetos, quanto maior a quantidade, maior a sua vulnerabilidade (PEREIRA; BERALDO, 2016).

A resistência biológica do colmo é diretamente afetada pelo teor de umidade, o qual é estabelecido pela quantidade de água existente nas células e impregnadas na parede do colmo. O valor do teor de umidade de um colmo maduro verde varia entre 60-90%, mas não é uniforme em todo o seu comprimento, estando na base a maior quantidade de água devido à maior quantidade de células parenquimáticas. Além disso, atuam sobre esse fator o clima e a época do ano. O ponto de

saturação é quando toda a água livre do colmo evapora, atingindo cerca de 20% de teor de umidade (LIESE, 2004).

Os tratamentos preservativos utilizados no bambu foram desenvolvidos para aplicação em madeiras, e os métodos são divididos em dois grupos: industriais e não industriais. No caso do bambu, os métodos mais utilizados são os não industriais, pois não precisam de equipamentos específicos, como autoclaves, para sua realização. Dentre os tratamentos aplicados em bambu, existem os tradicionais, que são cura no local da colheita e cura por imersão, fogo ou fumaça, e os químicos, que são os que utilizam produtos oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis (PEREIRA; BERALDO, 2016).

De maneira geral, os métodos tradicionais, apesar do baixo custo quando comparado aos demais, demonstram eficiência consideravelmente inferior no que tange a durabilidade do colmo (PEREIRA; BERALDO, 2016). Ainda assim, deve-se fazer uso desses métodos sempre que possível, considerando que minimizam o risco de contaminação do solo por elementos químicos. De acordo com Liese (2004), a escolha do método de tratamento mais adequado para o colmo deve ser feito considerando o seu teor de umidade, visto que a penetração e a fixação dos preservativos podem apresentar variações consideráveis devido a este fator. Os métodos de substituição de seiva, por exemplo, necessitam de um alto teor de umidade, devido à necessidade da presença de água nos vasos para execução do processo. Já para os métodos com o acréscimo de pressão externa, podem-se utilizar colmos que atingiram o ponto de saturação. Ademais, deve-se observar o emprego final da peça tratada e os equipamentos e materiais disponíveis.

A cura na mata ou touceira, método de tratamento tradicional, é feita a partir da extração dos colmos, mantendo seus ramos e folhas, e posterior apoio em pedras e demais colmos, em posição vertical, para escoamento da seiva e consequentemente a redução no teor de umidade e de amido. Além disso, é imprescindível que o colmo não seja colocado em contato com o solo durante esse processo. Outro método tradicional, a cura pela imersão em água, é de simples execução e aumenta a resistência do colmo contra o ataque de insetos. Imediatamente após a colheita, os colmos devem ser imersos em água, corrente ou represada, esse processo faz com que ocorra uma fermentação anaeróbica (sem a presença de ar) e a posterior redução da quantidade de amido existente nos colmos. As peças devem ficar completamente submersas na água, durante um período de quatro a sete semanas. Após isso, devem ser lavadas em água corrente (LIESE, 2004; PEREIRA; BERALDO, 2016).

O tratamento por fumaça foi desenvolvido no Japão e consiste na exposição dos colmos recém extraídos à ação da fumaça. Essa carbonização prolonga a vida útil das peças, formando uma camada protetora e consumindo parte do amido do colmo. Apesar de a existência de casos de sucesso utilizando essa técnica, observou-se que o amido não é completamente consumido pela ação da fumaça, portanto, não se pode descartar completamente a possibilidade de biodeterioração. Além disso, existe grande risco de fissuras nas peças (LIESE, 2004; PEREIRA; BERALDO, 2016). Na cura por ação do fogo, os colmos recém colhidos são expostos diretamente ao fogo, para que ocorra a exsudação da seiva. Esse método de tratamento é muito utilizado nas espécies de bambu pertencentes ao gênero *Phyllostachys*, devido à reação estética dos colmos a esse tipo de tratamento ser mais valorizada e muito utilizada para confecção de mobiliário e de varas de pescar. Entretanto, nem todas as espécies de bambu, especialmente as entouceirantes, atingem esse resultado estético (PEREIRA; BERALDO, 2016). Existe ainda o tratamento a vapor, onde os colmos são armazenados em tonéis soldados, em que são conectados a um recipiente fechado com água, que será posteriormente aquecido e o vapor direcionado aos tonéis durante duas horas, a fim de que o vapor atue na retirada da seiva. Ao fim desse processo, o material ainda deve passar pela aplicação de preservantes (CARBONARI; LIBRELOTTO, 2019).

Existem três tipos de produtos utilizados nos métodos de tratamentos químicos, são eles os oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis. Iniciando pelos oleosos, o método de tratamento mais utilizado aplicando esse produto é o banho quente/frio, o qual consiste na imersão do colmo em um tambor preenchido com o produto aquecido a 90°C de duas a três horas e posterior imersão em um outro tambor com o mesmo produto, mas em temperatura ambiente, durante quatro horas. Esse método é indicado para peças que serão utilizadas em fins estruturais. Já para os produtos oleossolúveis, o método de tratamento mais empregado é o que utiliza colmos secos (teor de umidade < 20%) e os imergem em tambores ou caixas de alvenaria preenchidos com o produto em temperatura ambiente durante sete dias (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Adentrando aos métodos que usam produtos hidrossolúveis, o tratamento de substituição da seiva por sais hidrossolúveis inicia-se pelo corte do colmo do bambu, em seções de até dois metros e meio de altura, preservando-se os ramos e as folhas, e posterior depósito dentro de um reservatório, em posição vertical, com uma solução química aquosa, para que, à medida que a seiva evapore pela extremidade superior, a solução adentre no colmo pela extremidade oposta. Esse material deverá permanecer em repouso durante uma semana, ao fim desse período, deve-se realizar a inversão da posição e permanecer por mais uma semana (CARBONARI; LIBRELOTTO, 2019; PEREIRA; BERALDO, 2016). O banho a quente é um tratamento em que os colmos, depois de secos ao ar e

com teor de umidade inferior a 20%, são mergulhados em tanques abertos, preenchidos de soluções preservantes, e aquecidos à temperatura de 90°C. Por fim, esse material é colocado em tambores abertos sobre o fogo de uma a cinco semanas. A fim de evitar fissuras no bambu, é importante que os nós sejam perfurados antes de todo o processo (CARBONARI; LIBRELOTTO, 2019).

Pode-se realizar também a cura por imersão em solução de sais hidrossolúveis, em que os colmos secos do bambu devem ter os nós perfurados e a superfície limpa, para imersão na solução preservativa, durante o período de quatro a oito semanas, a depender do uso final do material. Uma opção mais rápida e avançada que a cura por imersão é o tratamento por pressão hidrostática, essa que substitui a seiva do colmo através do processo de pressão hidrostática, onde a seiva é aplicada na extremidade superior do bambu e retirada no lado oposto. Esse processo dura, em média, entre cinco e seis dias. Já o tratamento sob pressão Boucherie é o aperfeiçoamento desse último, pois o líquido que substitui a seiva provém de um reservatório sob pressão e a duração dessa injeção varia de acordo com o comprimento das peças. De maneira geral, para os tratamentos que atuam através da substituição da seiva, o ideal é que as peças sejam recém cortadas e tenham alto teor de umidade (CARBONARI; LIBRELOTTO, 2019).

Para o método de tratamento em autoclave, o colmo deve ser perfurado com haste metálica, para evitar o aprisionamento de ar, e estar com teor de umidade aproximado de 20%. Além disso, como o material precisa estar seco para se submeter a este método, é preciso que aconteça um tratamento preservativo prévio. Apesar desse método ser comumente utilizado para o tratamento em peças de madeira, é considerado uma alternativa inadequada para o uso em colmos de bambu, devido à sua superfície externa ser quase impermeável. Entretanto, esse método tem se mostrado muito eficiente ao ser aplicado em ripas e em lascas de bambu (CARBONARI; LIBRELOTTO, 2019; PEREIRA; BERALDO, 2016).

Pesquisadores brasileiros da Universidade de Londrina criaram e patentearam, em 2013, o tratamento do bambu com tanino. O tanino é um preservativo natural, existente em algumas plantas, que aumenta a sua vida útil e inibe o ataque de microrganismos e herbívoros. Essa substância já é utilizada em outros empreendimentos, como os curtumes, e o Brasil é um grande produtor mundial de tal substância. O método de aplicação desse tratamento é o Boucherie modificado, o qual consiste na injeção do composto de água e de tanino nas paredes de uma extremidade do colmo, para expulsão acelerada da seiva na face oposta. Os colmos submetidos a este tratamento devem ter sido cortados em um curto espaço de tempo. Afirma-se que três horas de aplicação desse método seja

suficiente para proteção do colmo. É importante ressaltar que a aplicação desse método não está condicionada a utilização da solução com tanino, pois soluções de sais hidrossolúveis também podem ser utilizadas (CARBONARI; LIBRELOTTO, 2019; PEREIRA; BERALDO, 2016).

De acordo com Pereira e Beraldo (2016), um método de tratamento muito utilizado é a pulverização dos colmos com soluções preservativas, no entanto, não é eficiente ou adequado. A camada externa do colmo é quase impermeável, então, só há a absorção da substância aplicada nas extremidades e possíveis rachaduras, o que não é suficiente para o combate à deterioração do material. Para a manufatura do BaLC, pode-se retirar as ripas do colmo antes de realizar o tratamento preservativo.

3.2.5. Secagem e estocagem

Ao fim dos períodos estimados para correta preservação do colmo através dos tratamentos tradicionais e químicos, as peças precisam passar pela etapa de secagem, que consiste em um processo para reduzir o teor de umidade das peças para que fiquem em equilíbrio com o meio. Essa característica pode variar de acordo com a região, ficando entre 12% e 16% o teor de umidade das peças secas. É importante frisar que a secagem rápida do bambu pode ocasionar trincas nas peças, sendo preferível que o processo de secagem seja gradual e lento. A depender do tipo de tratamento preservativo aplicado às peças, essa etapa pode se estender por até quatro meses. A insolação direta pode danificar os colmos, por isso, eles devem estar ao abrigo do sol, em local seco e ventilado, além de estarem empilhados de maneira que permita a ventilação entre eles (GHAVAMI; BARBOSA, 2017; PEREIRA; BERALDO, 2016).

Outra forma de secagem do bambu é através do fogo, utilizando uma fonte pontual de calor, com fogo baixo, um colmo por vez. Além desses, existe a secagem na estufa, muito usada para madeiras, que coleta os raios solares durante o dia, sem incidência direta sobre o material, com quantidade de calor moderada e com manutenção da temperatura durante os períodos de dia e noite de maneira contínua. A secagem é uma etapa muito importante para a utilização do colmo, pois além de diminuir a sua massa e facilitar o transporte, contribui positivamente com as características mecânicas do material, e é indispensável para as demais etapas no processo de industrialização (GHAVAMI; BARBOSA, 2017; ORTHEY, 2015).

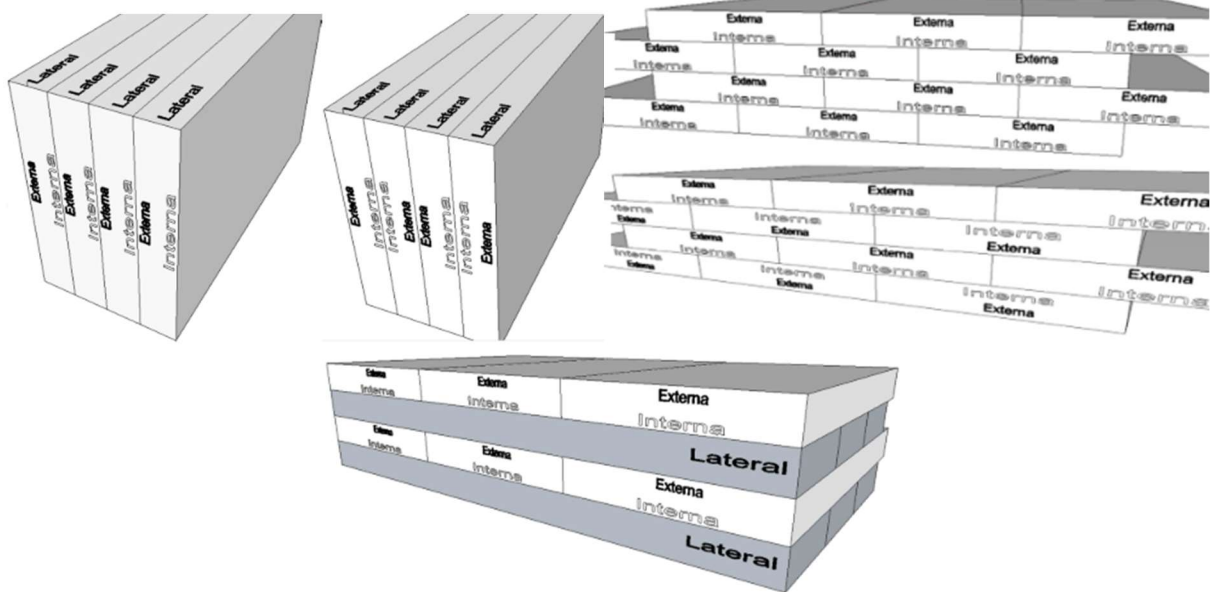
Por fim, as ripas seguem para o local de armazenamento, que consiste em uma cabine com controle de temperatura e umidade, também ao abrigo do sol. As ripas devem ficar dispostas de maneira organizada, para que não sofram deformações e/ou acumulem algum tipo de umidade entre as peças. Essas condições são necessárias para a manutenção das características físicas e dimensionais das peças, as quais influenciam diretamente na qualidade do produto final (ORTHEY, 2015).

3.2.6. Colagem das ripas

A produção das placas em BaLC é feita a partir da colagem das ripas, devidamente preparadas para este fim. A aderência entre as ripas é feita através de adesivos que podem ser de três tipos: (a) naturais, quando são resinas derivadas de origem animal ou vegetal; (b) termoplásticos, que podem sofrer alterações devido à ação do calor e dos solventes após a adesão; e (c) termofixos, que após a solidificação não sofrem modificação por ação do calor ou do solvente. Os adesivos empregados para a produção do BaLC são provenientes da indústria madeireira. De maneira geral, utiliza-se o adesivo termoplástico acetato de polivinila (PVA) quando o uso final da peça não exige muita resistência, principalmente em relação à umidade. Os adesivos termofixos são mais utilizados para este fim, em especial a resina Melamina Uréia Formaldeído (MUF) e o Resorcinol Formaldeído (RF) (ROSA, 2013).

As ripas, ou taliscas, podem ser coladas no sentido horizontal ou vertical, e a disposição das faces externas e internas também pode variar, como é apresentado na Figura 12 (p. 56). Ademais, deve-se evitar a justaposição vertical da linha de cola, pois essa disposição das taliscas cria uma região de fragilidade e compromete a resistência da peça (BARELLI, 2009; PEREIRA; BERALDO, 2016; ROSA, 2013). Por fim, repete-se a colagem das ripas até que se atinjam as dimensões necessárias ao produto final. Repete-se a colagem das ripas até que se atinjam as dimensões necessárias ao produto final. Por fim, as lâminas coladas são colocadas em dispositivo de prensagem e são prensadas durante todo o período de cura da cola, após o período de pós-cura, cerca de 24 horas depois, as peças são desformadas.

Figura 12 - Disposição das ripas para produção do BaLC



Fonte adaptada: ROSA, 2013, p. 22

3.2.7. Ensaios, corpos de prova e protótipos

A ausência de normatização quanto a utilização do bambu é, possivelmente, o fator mais decisivo quanto a não utilização desse material para fins que não sejam artesanais ou decorativos, no Brasil. De maneira geral, aplicam-se as Normas Brasileiras de Regulamentação (NBR) sobre madeira. No entanto, percebe-se que não se atinge uma avaliação satisfatória das características mecânicas do bambu. Por isso, em se tratando da utilização do bambu colmo, recomenda-se o emprego dos projetos das normas ISO N 313 (*Bambu Structural Design*), ISO 314 (*Physical and Mechanical Properties*) e ISSO 315 (*Testing Material*). Recentemente, entrou em vigor a ABNT NBR 16828 (Estruturas de bambu), partes 1 e 2, sendo a primeira voltada para o projeto e a segunda para a determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu-colmo. Quanto ao BaLC, também não existem normas regulamentadoras para caracterização desse material, visto que usualmente se aplicam às normas voltadas para a caracterização de laminados de madeira.

De acordo com Reynolds *et. al* (2019), o comportamento estrutural do BaLC é diferente do comportamento do bambu-colmo pois, no processo de produção do BaLC, o colmo do bambu é laminado e colado em peças que têm maiores dimensões que o estado inicial do colmo, além de alterar a maneira como as fibras e os nós são dispostos. Além disso, antes de passar pelo processo de industrialização, o bambu passa por um tratamento para evitar a degradação do material e, de acordo com os ensaios realizados pelos autores, fica claro que o método de tratamento utilizado

interfere nas propriedades de rompimento do material. A rigidez, a resistência à compressão paralela e o cisalhamento na linha de cola também são afetados significativamente pela relação entre tratamento e adesivo (PAES *et al.*, 2009).

Normalmente, os corpos de prova em BaLC são submetidos a ensaios de massa específica, tração paralela, compressão paralela e flexão estática, seguindo as recomendações da NBR 7190/97 (Projeto de Estruturas de Madeira). O comportamento do BaLC em determinados ensaios, como o de compressão paralela, é diretamente afetado pelo desempenho do adesivo utilizado para compor as peças, visto que para se obter uma dimensão considerável do painel em BaLC, é necessária a colagem de muitas camadas de ripas. Evidencia-se também que a espécie de bambu utilizada, a idade do colmo, o tratamento preservativo aplicado, e a forma de produção das chapas também são fatores determinantes para o desempenho do BaLC. Percebe-se, então, que existem muitas variáveis que atuam diretamente nos resultados dos ensaios, contribuindo, também, para a recorrente impossibilidade de comparação entre os estudos de diferentes autores (BERALDO; RIVERO, 2003; PEREIRA; BERALDO, 2016).

De acordo com Rosa (2013), após comparar estudos e ensaios realizados com BaLC das espécies *Dendrocalamus giganteus* e *Bambusa vulgaris* e realizar avaliações aplicando métodos não destrutivos, o BaLC manufaturado com essas espécies pode ser adotado como equivalente à madeira em diversos usos, como para a confecção de portas, de esquadrias, de mobiliário, de vigas e de colunas. Evidencia-se em seu estudo que para uso externo, ou quando a peça necessite de maior estabilidade dimensional, deve-se aplicar as placas aderidas com os adesivos MUF (Melamina Uréia Formaldeído) ou RF (Resorcinol Formaldeído).

Rusch *et. al* (2019) realizaram experimentos em placas de BaLC, produzidas com as espécies *Dendrocalamus asper* e *Phyllostachys aurea*, utilizando os métodos de manufatura com prensa manual e através do processo termomecânico, a fim de avaliar a interferência dessas duas variáveis nas características físico-mecânicas das placas em BaLC. Os autores identificaram que o desempenho dos painéis compostos pela espécie *Dendrocalamus asper*, independentemente do método de manufatura utilizado, possuem valores de dureza cerca de 30% maior que os da outra espécie avaliada. Quanto ao método de produção, o estudo afirma que a utilização do processo termomecânico contribui para padronizar a densidade e as propriedades mecânicas dos painéis, além de plastificar as fibras do material. O estudo afirma que, considerando os resultados dos ensaios de densidade, teor de umidade de equilíbrio, flexão estática, resistência ao cisalhamento e dureza, os

painéis de bambu apresentam propriedades satisfatórias, sendo os produzidos com *Dendrocalamus asper* adequados para usos que necessitem de média a alta resistência mecânica. Ressalta-se, ainda, que todas as pesquisas supracitadas realizaram os ensaios de acordo com o estabelecido pela NBR 7190/97 (Projeto de Estruturas de Madeira).

A fim de possibilitar a comparação de estudos feitos por diversos autores, os autores Pereira e Beraldo (2016) sugerem a padronização da produção das peças a serem submetidas aos ensaios, determinando que: (a) a idade do colmo deve ser de 3 anos, considerando que há um consenso entre pesquisadores de que o colmo está maduro; (b) a altura útil do como deve ser determinada através da constatação de uma espessura mínima de parede de 8mm; (c) a posição de retirada das ripas deve ser a mais próxima da casca possível, visto que é a região de mais resistência da peça; (d) as dimensões das ripas laminadas sejam de 5 a 6 mm e 20 mm de largura, a fim de possibilitar a maximização do aproveitamento da altura do colmo, minimizar as perdas decorrentes de sua curvatura e possibilitar a retirada das ripas o mais próximo possível da parede do colmo; e, por fim, (e) a padronização dos corpos de prova, indicando que para os ensaios do bambu em forma de ripa sejam utilizadas as normas para chapas de madeira (NBR 9531/86) e, para o BaLC, a confecção e os ensaios dos corpos de prova sejam feitas de acordo com a NBR 7190/97 (Projeto de Estruturas de Madeira).

Além dos ensaios realizados com corpos de prova, a produção de protótipos também é uma eficiente ferramenta para realizar experimentações e testes acerca do comportamento do material, processo produtivo, detalhes construtivos, técnicas de acabamento, como mostram os autores Teixeira (2006), Sá (2014), Louredo (2019), Partury, Almeida e Zanoni (2018), entre outros.

3.3 Produtos em Bambu Laminado Colado (BaLC)

O BaLC é utilizado como insumo para a produção de diversos produtos e pode apresentar variações de padrão ligadas ao formato, a espessura, aos métodos de produção e ao acabamento. De acordo com Barelli (2009), o consumo de produtos deste material se iniciou nos países asiáticos, onde é amplamente difundido e consolidado; já nos países ocidentais, está em fase de ascensão e crescente aceitação pela sociedade, devido à conscientização acerca da necessidade de utilização de produtos mais sustentáveis. Na cultura oriental, o bambu é utilizado e estudado há séculos, mas, desde os anos 1980, a utilização deste vegetal no setor industrial tem crescido substancialmente. As principais aplicações do bambu industrializado são no setor de alimentos, de papel, de engenharia,

de química e de produtos com bambu processado. A utilização do BaLC para produção de produtos tradicionalmente feitos em madeira possibilita a diminuição da exploração das florestas tropicais (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Atualmente, no Brasil, é possível encontrar uma grande diversidade de produtos em BaLC nos supermercados e nas lojas de produtos importados, voltados principalmente para o setor de utensílios domésticos, esses que vão desde cabos de talheres, até tábuas de cozinha e potes para armazenamento de alimento. A empresa brasileira SóMarcas, por exemplo, criou a marca de produtos ecológicos chamada Welf®, que é especializada na venda de utensílios domésticos (Figura 13) compostos por bambu para o mercado promocional e varejista, através dos produtos importados da China. A empresa TAO bambu, também nacional, produz produtos utilizando bambu-colmo e BaLC, com a produção voltada para brinquedos e utensílios domésticos. Além disso, a empresa também vende chapas de BaLC importadas da China, assim como os insumos utilizados em sua produção.

Figura 13 - Produtos em BaLC da marca WELF



Fonte: Welf®³

Considerando os produtos desenvolvidos no campo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), o Laboratório de Experimentação com Bambu da Unesp de Bauru desenvolveu protótipos de

³ <https://www.welf.com.br/1339/produto/kit-para-cozinha-bar-em-bambu-21-pcs>

exemplares da aplicação do BaLC, como cabo de ferramenta, relógios, acessórios, bicicleta e até sapatos. Também na Unesp de Bauru, mas em parceria com a Empresa Interáguas de Brasília (Agência Interamericana de Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável), foi desenvolvido protótipos de produtos ortopédicos em BaLC, como muletas, bengala e andador (PEREIRA; BERALDO, 2016). Outrossim, o Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais da Universidade de Brasília (CPAB/UnB) possui a Oficina de Bambu e Madeira, a qual faz parte do seu laboratório de protótipos. A infraestrutura da oficina é formada pela combinação entre máquinas convencionais de marcenaria e especializadas em bambu, resultando em uma estrutura única entre as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). Nesta oficina é realizada a execução de protótipos e objetos feitos a partir da laminação do colmo do bambu, e, assim, viabiliza-se o desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica, mestrado e doutorado, além de estudos especializados e ensaios específicos sobre o bambu industrializado. O CPAB/UnB possui um valioso acervo de peças em BaLC, desenvolvidas por estudantes e por pesquisadores, a fim de verificar a aplicabilidade do material para diversos fins, como diretório de ônibus, mobiliário escolar, sistema estrutural, luminária, entre outros (ALMEIDA; VAZ, 2018). O Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (LPF-SFB) também realiza estudos acerca do BaLC, através da produção e ensaio de corpos de prova, além de ter realizado uma parceria com o CPAB/UnB para a elaboração do protótipo do diretório de ônibus (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Além desses, o Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira da Universidade Federal de Santa Catarina (GIEM/UFSC), em parceria com a Associação Catarinense do Bambu (BambuSC), realizou um projeto para a produção e análise de protótipos de BaLC para a fabricação de móveis (SZÜCS *et al.*, 2010).

3.3.1. Componentes da construção civil

De acordo com a NBR 13532 (1995), que trata da elaboração de projetos arquitetônicos de edificações, os componentes construtivos de uma edificação compreendem a cobertura, o forro, as vedações, os revestimentos e acabamentos, os equipamentos (mobiliário e incorporados), os jardins, os elementos de comunicação visual e, por fim, a fundação e a estrutura. Os produtos industriais provenientes do bambu possuem características que os tornam potenciais substitutos da madeira como insumo para a produção de determinados componentes construtivos. Portanto, a utilização deste vegetal, conhecido como madeira ecológica, caracteriza-se como uma alternativa para a diminuição da exploração das florestas tropicais.

Considerando a utilização deste material na construção civil, é importante salientar que a tecnologia empregada para produção do BaLC permite a utilização racionalizada do vegetal, visto que, tendo como referência o bambu-colmo, aumenta de maneira satisfatória a resistência ao cisalhamento e elimina as limitações ligadas a sua geometria cilíndrica (PEIXOTO, 2010). Além disso, é possível produzir componentes pré-fabricados, esses que favorecem a diminuição do tempo e o desperdício nas construções, além disso, são condizentes com a atual necessidade do setor da construção civil.

Os ensaios realizados em BaLC confirmam a sua viabilidade para a produção de mobiliário (PEIXOTO, 2010). Além disso, este material é considerado o melhor compósito de bambu para este fim, devido à possibilidade de produção de peças com dimensões variadas e formatos curvos, além de possuir propriedades táteis satisfatórias (FERREIRA, 2014). O Laboratório de Experimentação com Bambu da Unesp de Bauru, assim como os supracitados CPAB/UnB e GIEM/UFSC, produziram protótipos (Figura 14) de cadeiras, mesas e outros itens de mobiliário utilizando este material, a fim de comprovar sua eficiência para esta aplicação e versatilidade na aplicação em elementos de *design* variados (ALMEIDA; VAZ, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2017; PEREIRA; BERALDO, 2016; SZÜCS *et al.*, 2010).

Figura 14 - Cadeira de balanço desenvolvida pelo Laboratório de Experimentação com Bambu da Unesp



Fonte: (PEREIRA; BERALDO, 2016)

Dentre os produtos em BaLC, os pisos são os itens mais produzidos e comercializados. Sendo a China o país com maior produção desse material e Japão, Europa e Estados Unidos os maiores consumidores (CORTÉS, 2004). Os pisos desse material apresentam boa resistência e durabilidade,

especialmente quando expostos à água. Aplica-se o piso de BaLC principalmente em ambientes internos. A qualidade desses produtos está diretamente ligada aos critérios estabelecidos em fase de produção, como a exclusiva utilização de material proveniente de floresta de plantação controlada (MOIZÉS, 2007). A NEO Bambu é uma empresa nacional que comercializa pisos e revestimentos em BaLC importados, confeccionados apenas com a espécie *Phyllostachys edulis* (Bambu Mossô). Quanto a aplicação para vedações e forro, o estudo feito por Lima, Afonso e Pontes (2015), utilizando apenas a espécie *Guadua weberbaueri*, demonstrou a viabilidade da placa para utilização em divisórias internas e em forros que não estejam submetidos às intempéries.

A versatilidade é uma das características mais significativas do BaLC, embora esse seja utilizado majoritariamente para a produção de componentes construtivos para ambientes internos. Sendo assim, o Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais da Universidade de Brasília (CPAB/UnB), desenvolveu o protótipo de um diretório de ônibus em material Flex (Figura 15), que significa a associação do BaLC com madeira, a fim de investigar a aplicabilidade e o comportamento do material quando utilizado para mobiliário urbano, bem como avaliar o projeto, a produção e execução, com vista a sua implantação como um modelo no Distrito Federal (PATURY; ALMEIDA; ZANONI, 2018). Autores como Dias e Júnior (2001) e Oliveira et. al (2017) têm evidenciado que a combinação do BaLC e madeira aumentam a abrangência de utilização desse material, para fins estruturais e externos. Além disso, considerando que a produção de grandes peças em BaLC implica em uma demanda muito alta de bambu colmo, a associação de bambu e madeira se torna uma alternativa mais viável de utilização deste material para o momento, visto que a quantidade de plantações comerciais de bambu, no Brasil, ainda não suportaria atender a uma alta demanda.

Figura 15 - Diretório de ônibus produzido pelo CPAB/UnB



Fonte: Acervo CPAB/UnB

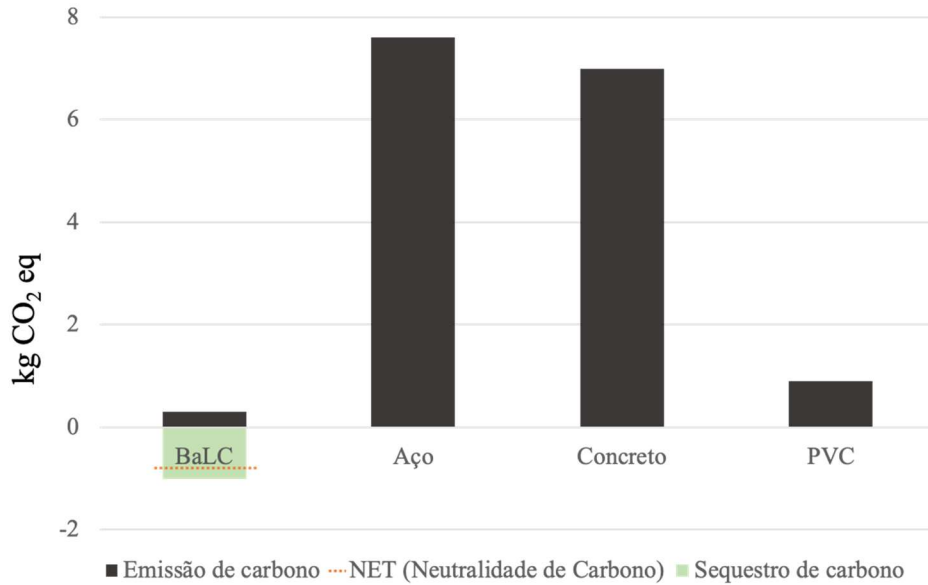
3.4 Impacto ambiental causado pela industrialização do bambu

No que diz respeito aos danos ambientais causados pelo processo de produção do BaLC, Li, Yuan e Guan (2016) citam como principais: (a) a perda de material durante o transporte e acabamento; (b) a utilização de recursos não-renováveis como óleo diesel (para o transporte), adesivo e energia elétrica (durante a carbonização, secagem, acabamento, aplainamento, colagem e prensagem a quente); e (c) os resíduos sólidos proveniente do adesivo.

Restrepo, Becerra e Tibaquirá (2016) realizaram a análise de pegada de energia e de carbono no processo de produção de placas de bambu na Colômbia, através de ferramentas de gerenciamento de energia e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Os resultados desse estudo concluíram que 70% da matéria prima são desperdiçadas no processo e, ainda assim, 117kg de CO₂ não são liberados na produção de cada prancha. Segundo Zea Escamilla e Habert (2014), o impacto ambiental causado pelo processo de transformação do bambu em placas industrializadas varia de acordo com a quantidade de processos que envolvem a manufatura do material; quanto menos processos, menor o impacto ambiental causado. Afirma-se, ainda, que o menor impacto causado pela industrialização do bambu é no ecossistema.

Ademais, Chang *et al.* (2018) utilizaram a ACV para averiguar os impactos ambientais causados pelo processamento do *plybambou*. O consumo de energia do processamento do bambu para formar o *plybambou* foi investigado e os impactos ambientais causados pelas placas de bambu laminado colado (BaLC), com diferentes tratamentos, foram estimados. Além disso, elaborou-se um gráfico (Figura 16, p. 64) comparando a emissão de gases e os impactos ambientais causados pelo BaLC e outros materiais como *plywood*, aço, concreto, alumínio. Apesar de o consumo de energia para a fabricação das placas de bambu ser considerado alto, devido à quantidade de processos que o colmo passa até formar as placas, a fabricação das placas alcança a Neutralidade de Carbono (NET) devido ao estoque gerado pelo sequestro de CO₂ na plantação de bambu. De acordo com o mesmo estudo, o impacto ambiental causado pelo bambu altamente processado é atribuído basicamente ao consumo de energia de base fóssil, logo, para minimizar esse problema, é preciso melhorar o sistema de provimento de energia, fazendo com que a proporção de energia à base de carvão seja diminuída. Além disso, evidencia-se que o transporte é um importante fator de impacto ambiental, portanto, deve-se prezar pela diminuição dos percursos feitos pelos materiais, sejam eles em forma de matéria-prima ou produto final.

Figura 16 - Emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) do material por metro cúbico.



Fonte traduzida e adaptada: CHANG *et al.*, 2018, p. 67

Considerando as avaliações feitas acerca da fabricação do BaLC, percebe-se que é essencial que as plantações comerciais de bambu estejam localizadas próximas às fábricas em que serão produzidos o BaLC e que, além disso, os pontos de fabricação estejam distribuídos estrategicamente ao longo de todo território nacional, visto que o transporte é caracterizado como um importante fator de impacto ambiental, devido ao consumo de diesel. Além disso, outro fator de maior impacto da manufatura de BaLC é o consumo de energia elétrica, portanto, é necessário adotar uma fonte de energia limpa e seguir medidas que diminuam o consumo de energia durante os processos de fabricação.

O processo de colagem das ripas para a formação das placas em BaLC também é um importante fator de impacto ambiental causado pela industrialização do bambu. Geralmente, utilizam-se os adesivos empregados para produção de Madeira Laminada Colada (MLC), esses que apresentam toxicidade aos trabalhadores no processo de colagem e também ao ecossistema no descarte dos resíduos (XIAO; YANG; SHAN, 2013). Dessarte, têm-se estudado alternativas ecologicamente corretas para substituição desses adesivos. Lapo e Beraldo (2008) desenvolveram um estudo acerca da utilização de uma resina poliuretana derivada do óleo de mamona (*Ricinus comunis*) em substituição aos adesivos usualmente utilizados para produção das placas em BaLC, confeccionadas com a espécie *Dendrocalamus giganteus*. De acordo com o resultado encontrado pelos autores, a utilização desse novo adesivo não altera as características mecânicas das placas em BaLC indicadas em literatura, sendo assim, é possível potencializar a diminuição dos impactos causados pela industrialização do bambu.

3.5 Cenário da industrialização do bambu no país

O processamento industrial do bambu contempla uma diversificada gama de produtos, como carbono ativado, carvão, palitos, chapas, esteira, compósitos, OSP, celulose e os laminados. Esse último, o BaLC, é o produto industrializado do bambu mais utilizado no mundo como insumo para produção de elementos e de componentes da construção civil. No Brasil, o material ainda é pouco utilizado, mas existem referências de utilização desse insumo, como é o caso da Oré Brasil, que foi uma empresa de mobiliário com móveis feitos em BaLC (Figura 17), idealizada no ano de 2006, pelo empresário Reinaldo Baechetold e o designer Paulo Foggiato, e atuou no mercado entre os anos de 2008 e 2011. As peças de mobiliário produzidas pela marca possuíam design inovador e alto padrão de qualidade, equiparado às empresas já consolidadas na indústria moveleira. O processo produtivo da Oré Brasil compreendia desde a produção das placas de BaLC até a distribuição do produto finalizado para os pontos de venda. A metodologia de produção das placas de BaLC e dos móveis foi objeto de estudo do GIEM/UFSC, a empresa fechou parceria com o grupo de estudos e recebeu pesquisadores em sua fábrica, além de disponibilizar o material para a realização de ensaios.

Figura 17 - Poltrona Oré Brasil em BaLC



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2010, p. 151

De acordo com Foggiato, em entrevista ao HUB BAMBOO (2018), o mobiliário não teve grande aceitação no mercado, apesar de ter recebido premiação internacional, e, por causa disso, ao longo do tempo o negócio deixou de ser rentável, culminando no fechamento da empresa. O designer afirma na entrevista que acredita que alguns fatores podem ter influenciado a resposta do mercado, e cita dois principais: (a) o estilo dos móveis que eram considerados tendência na época, que tinham uma tonalidade de madeira bem escura; e, possivelmente a mais importante, (b) o valor que os lojistas repassavam o produto para o cliente final, pois o custo de produção dessas peças era elevado, devido a infraestrutura necessária para a sua produção e a sua exclusividade, por isso, o valor do produto que chegava às lojas também era elevado, mas não estava tão além dos produtos com

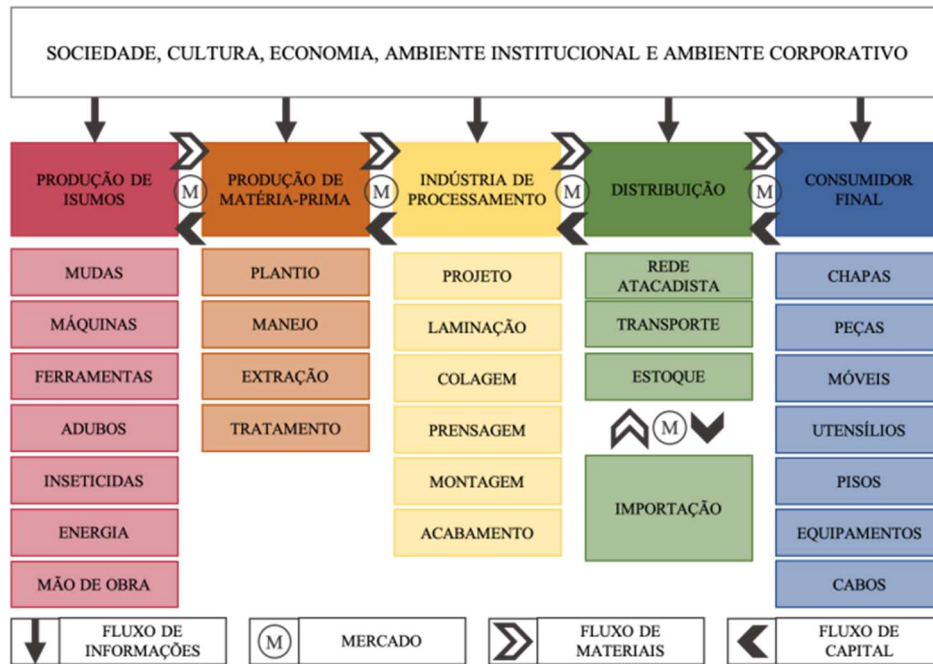
qualidade semelhante, no entanto, as porcentagens adicionadas pelos lojistas para serem repassadas aos vendedores e arquitetos tornava o preço final inacessível. Ainda na entrevista, Foggiato afirmou que nos tempos atuais, com as facilidades de comercializar produtos na internet, a empresa provavelmente teria uma visibilidade diferente, além de poder criar uma relação de venda direta entre a fábrica e o consumidor, diminuindo assim o valor do produto final. Além disso, atualmente, há uma valorização dos produtos com características ecologicamente corretas e, também, das peças com design nacional exclusivo. A história da Oré Brasil evidencia a adequação do laminado de bambu para a produção de móveis, como também a necessidade da estruturação da cadeia produtiva desse material, para que os produtos sejam comercialmente mais competitivos e tenham maior aceitação pelo mercado consumidor.

De maneira geral, a utilização do bambu para a produção de utensílios domésticos e itens de mobiliário é a mais difundida no mercado nacional, seja o bambu-colmo ou sua forma industrializada. Considerando os produtos feitos em BaLC, percebe-se que a maioria dos produtos comercializados no Brasil são importados ou produzidos com matéria-prima importada. Além disso, observa-se que a maior produção de itens em BaLC é feita pelo setor P&D, que produz corpos de prova e protótipos a fim de validar e promover a utilização desse material pela ICC. Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de implementação de políticas públicas para o desenvolvimento consistente da atividade no país.

3.6 Configuração da cadeia produtiva: prospecção

As cinco principais etapas de uma cadeia produtiva são: (a) produção de insumos; (b) produção de matéria-prima; (c) indústria de processamento; (d) logística de armazenamento e circulação; e (e) consumidor final. A análise da cadeia produtiva envolve aspectos históricos, fatores econômicos, sociais e ambientais, além de infraestrutura e legislação (RIBAS JUNIOR, 2003). Barelli (2009), após ter constatado que não existem cadeias produtivas sistematizadas do BaLC no país, desenvolveu um modelo de cadeia produtiva de BaLC aplicado à realidade brasileira (Figura 18, p.67). O modelo citado foi desenvolvido a partir da atividade em laboratório e pesquisa acerca das ações pontuais existentes no país. Por isso, ressalta-se que não é um modelo definitivo para o Brasil, considerando que a delimitação de uma cadeia produtiva industrial é extremamente complexa.

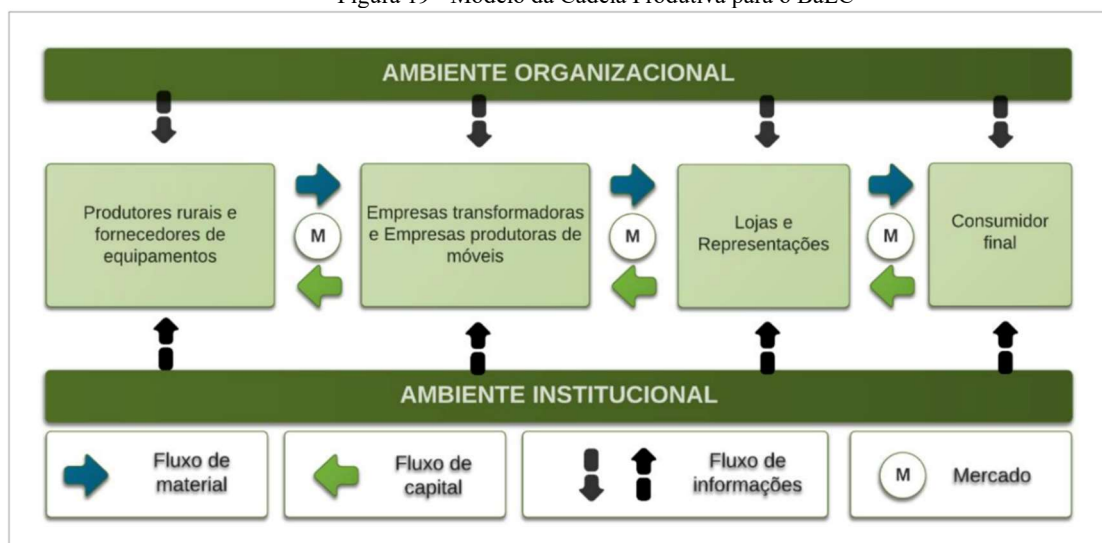
Figura 18 - Modelo de Cadeia Produtiva de BaLC no Brasil



Fonte: BARELLI, 2009, p. 45

Orthey (2015) mapeou uma cadeia produtiva para o bambu industrializado (Figura 19), voltada para a indústria moveleira, que destaca a importância de que essa cadeia seja estruturada e mantida pelos ambientes organizacional e institucional. O primeiro seria formado por centros de pesquisa, de instituições de crédito e investimentos, assim como de órgãos e agências governamentais, e de agências certificadoras, a fim de desenvolver e de auxiliar os subsistemas da cadeia. O ambiente institucional tem a finalidade de coordenar as atividades dessa cadeia através de instrumentos como legislações ambientais, trabalhistas e de comércio, agências reguladoras de normas e patentes, entre outros.

Figura 19 - Modelo da Cadeia Produtiva para o BaLC



Fonte: ORTHEY, 2015, p. 111

Quanto à extração de recursos naturais para esta atividade industrial, o princípio está na produção de mudas, que é feita de maneira vegetativa e, ainda, em escala reduzida, pois são empregadas técnicas artesanais para este fim (PEREIRA; BERALDO, 2016). Considerando que para o desenvolvimento do processamento industrial do bambu é necessário um incremento considerável na produção de mudas, Nogueira *et al.* (2017) apontam para a micropropagação, ou propagação *in vitro*, através de tecido e de órgãos de plantas doadoras, como uma alternativa para a produção em larga escala de mudas com qualidade controlada. No entanto, apesar de essa técnica se apresentar como uma excelente alternativa para a produção em escala industrial, ela ainda se encontra em fase de aperfeiçoamento da metodologia. O Laboratório de Cultura de Tecidos II (LCTII) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) se destaca no desenvolvimento de pesquisas acerca da propagação *in vitro* do bambu, com o objetivo de aperfeiçoar o método de propagação para que se atinja uma produção de mudas com boa qualidade em escala comercial (NOGUEIRA *et al.*, 2017).

Assim como a produção de mudas, as plantações de bambu para fim industrial exigem planejamento e controle, partindo da escolha correta das espécies mais apropriadas para esta aplicação, até o manejo adequado da touceira, ações essas que interferem diretamente na qualidade do produto final. Por isso, as fases de cultivo e de manejo são essenciais para o desenvolvimento da industrialização desse vegetal. No Brasil, as únicas plantações comerciais de bambu em larga escala, assim como de tecnologia desenvolvida, estão localizadas na Zona da Mata Nordestina, mas são destinadas para a produção de celulose e de papel (PEREIRA; BERALDO, 2016; SARTORI, 2011).

A produção de componentes construtivos parte do BaLC, que é formado através da colagem das ripas de bambu. A produção deste material é feita através da utilização de um maquinário similar ao de uma marcenaria, com adaptações. Os métodos de tratamento, de colagem, de prensagem e de acabamento para a produção do BaLC variam de acordo com a sua finalidade, a qual pode ser para painel de vedação, de piso, de lambri, de forro, de mobiliário ou de revestimento. A utilização do BaLC, no Brasil, dentro da ICC, está concentrada majoritariamente na produção de mobiliário que, muitas vezes, utiliza o insumo importado da China (ALMEIDA, 2017; BARELLI, 2009; ORTHEY, 2015).

4. Projeto e pesquisa técnico-científica na Indústria da Construção Civil

4.1 A atividade de projeto na construção industrializada

Na Europa, a industrialização da construção partiu da necessidade de resolução de problemas, inicialmente do déficit habitacional e conseqüentemente dos custos para a produção dessas habitações. O cenário de escassez de moradias iniciou-se devido à migração da população do meio rural para o meio urbano, visando os empregos gerados pelas fábricas no início da I Revolução Industrial e, posteriormente, foi agravado consideravelmente em decorrência da destruição das cidades causada pelas I e II guerra mundial.

A industrialização de ciclo fechado é o processo produtivo em que uma mesma empresa, ou uma corporação, executa com seus próprios meios e em sua própria infraestrutura todo o produto final, nesse caso, o edifício completo. Estima-se que 75% dos custos para a construção de um edifício são provenientes das dimensões volumétricas dos espaços e suas vedações (MASCARÓ, 1985). Em decorrência das conseqüências deixadas pela guerra, através dessa forma de produção, iniciou-se o processo de redução de custos para a produção de habitações, através da adequação de projeto para fazer com que o arranjo dos componentes tornasse a construção da edificação mais econômica. Além disso, a construção industrializada desses edifícios só se tornava economicamente viável caso fosse possível aumentar a quantidade de edifícios produzidos por uma só usina. Na França, por exemplo, esse modo produtivo resultou na repetição exaustiva de um mesmo projeto em diversos conjuntos habitacionais, que se tornavam idênticos e monótonos. As soluções adotadas atendiam as demandas tecnológicas e econômicas, mas não eram voltadas para o usuário do edifício, sendo assim, as características culturais e o conforto foram suprimidas desse processo (BRUNA, 1976).

Esse modo produtivo evidenciou a importância da individualidade do projeto para solucionar os problemas dos aglomerados urbanos, visto que o projeto de arquitetura deve ter os seus aspectos intrínsecos e extrínsecos correlacionados, ou seja, deve considerar as variáveis inerentes a ele, como tecnologia, forma, técnica construtiva e materiais, associadas às condições externas ao espaço construído, que estão ligadas ao seu significado para o grupo de usuários. Assim, estabelece-se uma relação forma-conteúdo, em que as características técnicas dos projetos são interligadas às suas características subjetivas e qualitativas (GOROVITZ, 1993). Além disso, as soluções adotadas pelo arquiteto para o projeto são decisões que têm impacto no comportamento e no desempenho do edifício, tanto sob a perspectiva econômica quanto funcional (MASCARÓ, 1985).

Considerando a necessidade de produção em massa de habitações e, ainda, as atribuições qualitativas dessas edificações, surgiu a industrialização da construção através da produção em larga escala de componentes, a industrialização de ciclo aberto. Nesse processo produtivo, os componentes são produzidos para o mercado, e não para uma obra específica, possibilitando a produção em massa de produtos com maior qualidade e de forma mais especializada. Dessa forma, apesar de o processo de industrialização e de produção em série, é possível a associação de componentes de forma diversificada, gerando edifícios com projetos diferenciados, os quais atendem a demandas funcionais e sociais específicas (BRUNA, 1976).

A produção industrial é definida por Ciribini (1965 apud BRUNA, 1976, p. 24) como a repetição baseada em um modelo. Essa reprodução de moldes é o que normalmente caracteriza a produção em série, tendo em vista que não há variações individuais, contrária a característica fundamental do trabalho artesanal. Tratando-se da industrialização da construção, a aproximação do projeto arquitetônico da produção industrial não condiciona a repetição literal das edificações, como foi visto nas construções pós-guerra, quando foram edificados conjuntos habitacionais monótonos e repetitivos. Em contraponto a esse exemplo, pode-se afirmar que a associação dos componentes industrializados pode ocasionar diferentes tipos de composições arquitetônicas, com uma personalidade característica da região ou país onde está inserida.

4.2 Projeto no Processo de Desenvolvimento de Produto

O termo projeto é definido como concepção e planejamento de todos os produtos feitos pelo homem. Sendo assim, entende-se como produto tanto os objetos e os componentes provenientes do artesanato e da indústria quanto os edifícios construídos. A atividade de projeção, tanto para os produtos como para a arquitetura, parte da resposta a três perguntas principais: para quem, como e por quê. O processo de projeto é influenciado por diversos fatores, como as determinantes tecnológicas para produção do produto, o contexto socioeconômico e cultural para a sua fabricação e consumo, e a definição conceitual do projetista. Além desses, a conjuntura política do país afeta diretamente as características do produto final, desde sua aparência até o desempenho (LANDIM, 2010).

Existem evidências da construção de edifícios precedidas de desenho desde 2450 a.C. Ainda assim, durante o período medieval, o conhecimento acerca da construção de edifícios e a produção de objetos eram adquiridos de forma oral, sem o apoio de escolas ou de documentos escritos. Ao

final desse período, iniciou-se uma nova cultura tecnológica, a partir do registro, em papel, madeira e barro, dos desenhos dos artesãos. A partir de então, houve grande desenvolvimento científico e tecnológico, além da migração do ambiente ensino-aprendizagem das oficinas para as academias, como a Escola Politécnica da França, que foi a pioneira na formação de engenheiros. Durante os séculos XVIII e XIX, adotou-se o sistema de projeções mongeanas para a elaboração de desenhos técnicos, visto que as técnicas de projeto desse momento baseavam-se na precisão, na concisão das formas e nas associações matemáticas. No século XX, houve a padronização nacional e internacional do desenho, através do estabelecimento de normas específicas para esta atividade. Através do desenvolvimento científico do desenho, viabilizou-se o avanço científico da técnica relacionada à construção de edifícios e à produção de objetos (SANTOS; MENEZES, 2009).

A partir dos anos 1970, com o surgimento de programas de computador voltados à execução de desenhos, as técnicas de desenho passaram por uma transformação, em que algumas das atividades do processo de projeto foram automatizadas. Através dessas ferramentas, a formulação geométrica das formas foi facilitada, contribuindo para o aperfeiçoamento da precisão dos desenhos, melhoria de comunicação entre as partes envolvidas no projeto e, conseqüentemente, culminando na maior agilidade no ciclo do projeto, além de outros benefícios. Desde o século XVIII, o foco das atividades de projeto estava voltado para o sistema de produção e de consumo em massa, estando, assim, diretamente ligado ao desenvolvimento econômico e industrial. No entanto, na atualidade, a automação nas indústrias possibilita produção em larga escala com variação entre produtos de funcionalidade semelhante, diferentemente do que acontecia no Sistema Fordista de produção, quando havia uma produção em massa padronizada, para a redução de custo e tempo de produção dos produtos (LANDIM, 2010; SANTOS; MENEZES, 2009).

Através do projeto, é possível potencializar a funcionalidade de um produto, aumentar o seu valor de mercado, otimizar a utilização de matéria-prima e as fases de produção, resultando em uma redução de custos e das perdas, além de associar a produção às expectativas do consumidor. O processo de inovação abrange não só a criação de "boas ideias", mas um processo estruturado, com o intuito de criar produtos que se destaquem no mercado, sejam economicamente viáveis e estejam de acordo com a contínua evolução da sociedade. Na atualidade, o constante avanço tecnológico modifica continuamente a produção de produtos, bem como a construção de edifícios, desde a fase de projeto. Entretanto, o papel do desenho técnico dentro desse processo é fundamental, pois é um meio de registro e de organização do método de projeto, além de servir como uma ferramenta de documentação e de comunicação (COSTA; NASCIMENTO, 2011; LANDIM, 2010; SANTOS; MENEZES, 2009).

Considerando a necessidade de a sociedade contemporânea buscar alternativas de desenvolvimento com menor impacto ambiental, devido à enorme devastação causada pela industrialização entre os séculos XVIII e XIX, o projeto e os estudos a eles associados, como por exemplo as Normas de Desempenho, a Avaliação Pós Construção (APC) e Avaliação Pós Ocupação (APO), se tornam importantes ferramentas, pois através desse conjunto é possível mapear os impactos causados nas etapas de produção, de utilização e de descarte, desde a obtenção da matéria-prima. Sendo assim, através da análise feita ainda em fase de projeto, é possível fazer escolhas que minimizem o impacto ambiental causado pelo produto final. Além disso, a pluralidade cultural existente na sociedade se contrapõe diretamente ao conceito de produção em massa, o qual consiste na reprodução de modelos idênticos. Logo, é necessário que o projeto contemple a cultura do que se considera o "público-alvo" do produto, associando essas características ao desenvolvimento da sociedade global. De maneira geral, pode-se afirmar que o processo de projeto para o desenvolvimento de produtos é formado por decisões racionais e empíricas, as quais são atendidas as necessidades técnicas, funcionais e econômicas, mas consideram-se também as variáveis ligadas ao contexto social do ser humano (BROADBENT, 1988; LANDIM, 2010).

A projeção é uma atividade complexa, que envolve diversas variáveis. O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é uma metodologia que consiste na organização em sequência lógica das etapas do projeto e auxilia as tomadas de decisão, além de viabilizar a redução de tempo e de custo do projeto. No projeto se estabelecem as diretrizes para o produto, Krishnan e Ulrich (2001) categorizam as decisões dessa fase nos seguintes grupos: (a) estratégia e planejamento do produto, (b) organização do desenvolvimento do produto e (c) gerência do projeto; e a Gestão de Desenvolvimento do Produto (GDP) nas seguintes etapas: (a) desenvolvimento do conceito, (b) planejamento da cadeia de suprimentos, (c) desenho do produto, (d) teste e validação de desempenho, (e) *ram-up*/produção e (f) lançamento. Essas etapas, apesar de independentes, acontecem de forma simultânea e participativa, dessa forma, é possível que as decisões sejam alteradas ainda na fase de projeto, pois os custos dessa alteração são substancialmente inferiores do que quando estão em fase de produção. Adota-se um sistema espiral, no qual as decisões são avaliadas continuamente pelas partes envolvidas no desenvolvimento do produto. Normalmente, as empresas avaliam os modelos de PDP e escolhem o que melhor se adequa a sua realidade, ocorre, inclusive, de a mesma empresa adotar modelos de PDP diferentes para projetos diferentes.

Considerando a Indústria de Suprimentos da ICC, mais especificamente a indústria de materiais e de componentes, Costa e Nascimento (2011) afirmam que há pouco investimento em projeto e, conseqüentemente, em metodologias de PDP e de GDP. De maneira geral, reproduz-se o

design de produtos estrangeiros e não há o interesse em qualificação de mão de obra e modernização dos modelos de gestão empresarial e gestão de qualidade. Por outro lado, nas últimas décadas, esse setor investiu na sustentabilidade, com inovações voltadas para a redução do desperdício de materiais, devido às exigências governamentais. Na Indústria de Processos, que corresponde a produção de edificações e de grandes obras, as ferramentas de gestão têm sido implementadas com maior intensidade, visto que existem normas e exigências governamentais que atuam com maior incidência sobre este setor da indústria, como a NBR 15.575 (Norma de Desempenho), que é voltada para as edificações habitacionais e determina os níveis de desempenho que cada componente da edificação deve atingir; e as licitações para obras públicas, essas que adotam exigências ligadas à sustentabilidade e ao desempenho requisitadas por tais princípios. No entanto, vale ressaltar que normalmente as exigências voltadas para a Indústria de Processos recai sobre a Indústria de Suprimentos, visto que o desempenho do edifício está diretamente ligado aos materiais e aos componentes construtivos, além das questões voltadas à sustentabilidade que consideram desde a extração da matéria-prima e a forma de produção, até o descarte do produto. Dessa forma, a adoção dos modelos de PDP está intrinsicamente ligada às exigências da sociedade contemporânea acerca dos produtos provenientes da ICC.

4.3 Introdução a relação entre o ensino de design e a indústria no Brasil⁴

O ensino e a prática do desenho industrial no Brasil iniciaram de forma prática, semelhante ao ocorrido no Bauhaus, em que lideranças da Arquitetura e das Artes uniram-se no intuito de atribuir forma e linguagem contemporânea à produção industrial. Em 1950, o Instituto de Arte Contemporânea – Museu de Arte de São Paulo (IAC-MASP) abriu inscrições para o curso de design, que se estenderam por todo o ano. Em março de 1951, iniciaram as aulas da primeira turma da escola, que tinha um corpo docente formado por oito arquitetos, entre eles: Lina Bo Bardi, Roberto Burle Marx e Gian Carlo Palanti; dois artistas plásticos, Lasar Segall e Elizabeth Noblin; e um fotógrafo, Thomaz Farkas. A estruturação do programa do curso se assemelhava ao Bauhaus, em que existiam a divisão entre o (a) curso preliminar, na qual estão as disciplinas obrigatórias, (b) os cursos especializados, com as disciplinas de livre escolha, e (c) os cursos complementares, que compreendiam as disciplinas facultativas. O principal propósito da escola era formar técnicos com uma sólida e representativa formação artística, a fim de conduzir a produção industrial para que os objetos industrializados atingissem um alto nível estético e com linguagem contemporânea. Apesar do interesse em produzir objetos com características e identidade contemporâneas, as influências da

⁴ O tema é apresentado de maneira breve, sem o intuito de abarcar todos os aspectos envolvidos.

escola estavam embasadas na estética racionalista da arquitetura e do design modernos. A década de 1950 não teve um crescimento industrial compatível com a essência do IAC, o que contribuiu para o fechamento da escola dois anos após sua abertura (LANDIM, 2010; LEON, 2014).

Nesse contexto, adota-se o marco inicial do ensino de design como a fundação da Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI, fundada em 1963, pautada no modelo da escola alemã HfG-Ulm (Hochschule für Gestaltung Ulm), caracterizada por carregar em si o Funcionalismo, que consiste na elaboração do edifício apenas para acomodar a sua finalidade, e o Racionalismo, que nega a ornamentação do edifício e aplica os materiais com sua aparência original em evidência. Por volta dos anos 1960, não havia interesse por parte do mercado em promover o design essencialmente brasileiro, buscava-se, na verdade, alcançar o modelo de desenvolvimento norte-americano. Todavia, na década de 1970, houve um impactante corte de investimento governamental nos cursos da área social e artística e incremento no valor destinado aos cursos de tecnologia. Por isso, muitos cursos de artes se tornaram cursos de design, sem se estabelecer uma grade curricular que deveria ser atendida, conferindo grande liberdade para a constituição dos cursos, o que gerou bons resultados, mas, também, segundo Landim (2010), a criação de aberrações. Durante algum tempo, continuou-se a ensinar nas escolas métodos projetuais com características majoritariamente funcionalistas, objetivando a produção em série para a indústria, sem que houvesse qualquer expressão cultural ou aplicação de valores reflexivos. Sendo assim, a atividade de projeção se tornou, na maioria dos casos, apenas a justaposição de um conjunto de fatores pré-estabelecidos.

No Brasil, a integração entre escolas de design e a indústria é incipiente, existe um distanciamento entre o mercado e o setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Isso contribuiu para o agravamento da distância entre o que se ensina no ambiente acadêmico e o verdadeiro campo de atuação do designer, além de impedir o crescimento conjunto das academias de desenho industrial e do campo industrial nacional. Outro fator agravante dessa situação é o fato de grande parte dos professores ter pouca ou nenhuma experiência prática de mercado. As primeiras políticas nacionais voltadas à valorização do design, segundo Landim (2010), foram estruturadas de maneira errônea, sem atuação efetiva na resolução do problema, culminando na não obtenção dos objetivos pretendidos, além de acabar depreciando o valor do design dentro do contexto nacional e internacional. Essa realidade mudou em 1997, com a criação do Programa Brasileiro de Design (PBD), que teve como objetivo conceituar a exportação nacional, tornando o produto brasileiro mais competitivo. Por conseguinte, foram criados programas estaduais de design em quase todo o território nacional. Essas iniciativas iniciaram o processo de aceitação do design na cadeia produtiva brasileira como uma atividade indispensável no ponto de vista econômico e estratégico, além de

incentivar a descentralização dos agentes envolvidos nessa cadeia e inserção de traços culturais locais nos produtos.

Atualmente, o desenho industrial brasileiro se consolidou, mas, ainda assim, há a necessidade de maior aproximação entre as universidades e a indústria, além da mudança no meio acadêmico acerca da adoção de modelos de design europeus ou norte-americanos, e a valorização da realidade e da necessidade local. De maneira geral, o design brasileiro da atualidade ainda carrega consigo muito da característica dessas escolas Funcionalistas. Landim (2010) e Moraes (1999) reiteram a necessidade dos cursos de design de valorizar e implementar a atividade de projeção através da aplicação de fatores técnicos, teóricos e culturais, que incentivem o projetista a se apoiar em referências históricas e sociais para a criação de soluções inovadoras e com identidade.

4.4 Novos materiais: pesquisa e ensino nos cursos de arquitetura, engenharia e design

A utilização de materiais naturais para fins construtivos faz parte da história da humanidade, existem edifícios erguidos com estes materiais que há milênios resistem as ações do tempo, como é o caso das pirâmides do Egito. Em países do Oriente Médio, existem cidades inteiras construídas em terra, como Yazd e Bam, no Irã. Nos países asiáticos, existem exemplares significativos de arquitetura construídos em bambu, como a estrutura original da cúpula do Taj Mahal na Índia. No Brasil, existem construções em terra crua feitas no período colonial que constituem o patrimônio de algumas cidades como Mariana/MG e Ouro Preto/MG. Os materiais de construção hoje conhecidos como convencionais são os materiais industrializados, posteriores à revolução industrial. A utilização desses materiais foi bastante incentivada através de propagandas que, eventualmente, os tornaram símbolo de modernidade e status social. Em decorrência disso, a utilização de materiais naturais foi consideravelmente desvalorizada e marginalizada, sendo associada a pobreza e construções precárias. Com isso, as técnicas e conhecimentos ligados a utilização de materiais naturais foram perdidos ao longo das gerações. Atualmente, apesar do aumento das discussões e pesquisas técnico-científicas acerca do desenvolvimento sustentável e da utilização dos materiais naturais, ou não-convencionais, nas construções, percebe-se que na grande maioria dos cursos de graduação em Arquitetura e Engenharia a grade curricular possui disciplinas de materiais de construção, que abordam predominantemente os materiais industrializados como, por exemplo, cimento, concreto, aço e alumínio, e em poucos casos abordam brevemente materiais naturais como bambu e terra (BARBOSA, 2005).

Dentre as dificuldades para a ampliação do uso de materiais não-convencionais na construção civil relatadas por Barbosa (2005), estão o número consideravelmente menor e mais recente de pesquisas acerca da aplicação desses materiais, quando comparados aos industrializados que são estudados desde o século XIX, e a lacuna na formação dos profissionais da área acerca dos materiais naturais, o que contribui diretamente para a carência de profissionais qualificados para a utilização desses. As discussões acerca de alternativas de desenvolvimento sustentável na construção civil, desde a crise energética mundial que aconteceu entre o fim dos anos 1980 e o início dos anos 1990, fez com que as pesquisas se voltassem principalmente para a diminuição do consumo de energia de base fóssil. Nesse sentido, passou-se a buscar um melhor desempenho energético associado ao conforto ambiental das edificações, mas não necessariamente através da utilização de materiais ecoeficientes ou com menor impacto ambiental (GONÇALVES; DUARTE, 2006). Consequentemente, as universidades inseriram em suas grades curriculares disciplinas de conforto ambiental e voltadas para a avaliação de desempenho de edificações. Apenas recentemente, com os estudos que avaliam todo o ciclo de vida dos materiais, passou-se a contabilizar e questionar a quantidade de energia empregada para a produção dos materiais industrializados, abundantemente utilizados na indústria da construção civil.

A utilização de materiais não-convencionais está sendo cada vez mais abordada em pesquisas técnico-científicas, desde sua utilização direta até a composição entre diferentes materiais naturais ou com materiais industrializados, além da sua industrialização. Nesse último caso, evidencia-se a diminuição significativa do impacto ambiental causado por esse tipo de aplicação e a obtenção de materiais com qualidade similar aos industrializados convencionais, como é o caso do BaLC. No entanto, apesar do crescente número de pesquisas que abordam o emprego desses materiais, esta é uma realidade que está quase que restrita ao campo da pesquisa, pois mesmo nas universidades em que existe uma notável produção acadêmica acerca desse assunto, as disciplinas ofertadas na graduação abordam apenas superficialmente a aplicação desses materiais. De maneira geral, as escolas de arquitetura, engenharia e design reproduzem os mesmos conceitos há décadas, com pouca atualização acerca da situação global e das necessidades da sociedade contemporânea (VASCONCELOS; NUDEL; PIRRÓ, 2006). Além disso, ou melhor, em consequência disso, a produção arquitetônica nacional com materiais não-convencionais tem pouca expressão, apesar do grande potencial brasileiro nesse sentido, tendo em vista a enorme biodiversidade do país e o crescente desenvolvimento de pesquisas acerca do assunto.

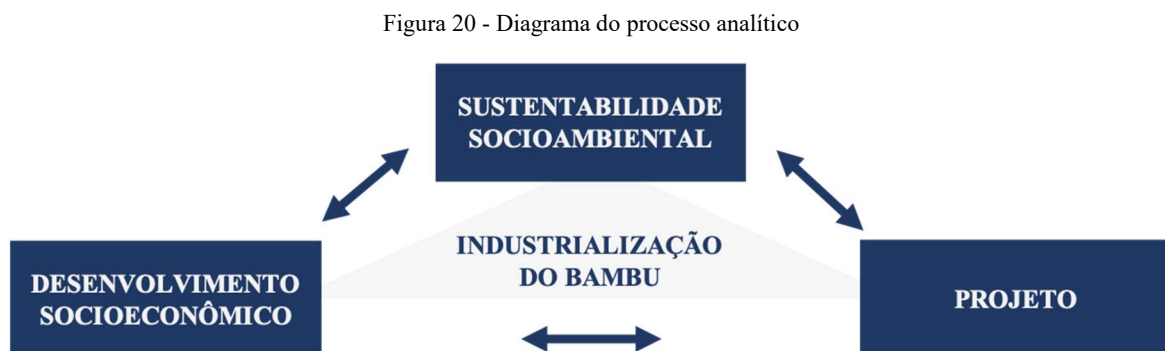
CAPÍTULO II: PROCESSO DE ANÁLISE

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é o analítico exploratório, com abordagem qualitativa, através de uma revisão de literatura. A revisão, foi exposta no capítulo anterior e, teve como propósito rever as teorias de referência e os principais conceitos que estruturam o capítulo de discussão e análise desta dissertação, que tem como objeto de estudo o Bambu Laminado Colado (BaLC). A revisão se concentrou nos seguintes temas: Indústria da Construção Civil (ICC), processamento industrial do bambu, bem como o apoio do ensino, pesquisa e projeto para essa atividade. Lembramos que estes temas concorreram para a contextualização do problema analisado. Neste sentido, foram analisadas diferentes teorias sobre a questão, a fim de enriquecer a análise desenvolvida. A coleta de dados para essa revisão foi feita através do acesso à base de dados disponibilizada pela Universidade de Brasília, o acervo bibliográfico do Centro de Pesquisa e Aplicação em Bambu e Fibras Naturais (CPAB/UnB) e publicações provenientes de eventos científicos sobre o bambu. Além disso, foram acessados sites de órgãos públicos nacionais e internacionais, e de instituições voltados para a divulgação do conhecimento acerca desse vegetal.

O objetivo geral do trabalho é analisar a potencialidade da industrialização do bambu, especificamente do BaLC, visando a sustentabilidade da construção civil no Brasil mediante a incorporação do bambu processado nesta indústria, mediante duas categorias principais de análise:

- a) a sustentabilidade socioambiental e desenvolvimento socioeconômico;
- b) o projeto para a produtividade e diversificação e qualidade dos produtos.

Em suma, a análise desta dissertação pode ser representada pelo seguinte diagrama:



Fonte: autora, 2021

O resultado desse processo de análise é apresentado no capítulo seguinte desta dissertação e está segmentado em três tópicos, sendo dois referentes às categorias de análise apresentadas acima, e o terceiro sobre a industrialização do bambu no Brasil, que discorre sobre a atual conjuntura da atividade no país, destaca-se suas potencialidades, diretrizes para expansão e as possibilidades de incorporação de produtos em BaLC à cadeia produtiva da ICC nacional.

Destaca-se que as potencialidades relativas ao desenvolvimento da industrialização do bambu no Brasil são abordadas a partir da análise das suas contribuições no âmbito social, ambiental e econômico, separadamente. A definição dessas potencialidades está ancorada em pesquisas, como Almeida (2017), Barelli (2009), e Ostapiv e Fagundes (2008), e com o resultado do estudo conduzido pela presente dissertação.

Para definir as diretrizes para expansão, também considera-se os mesmos autores anteriormente citados, além de todo o referencial teórico sobre o tema apresentado no primeiro capítulo da dissertação, e estabelece de modo direto as principais medidas que devem ser adotadas para o incremento da atividade industrial com bambu no Brasil, que serão abordadas com maior profundidade dentro das categorias de análise.

A delimitação do cenário da industrialização do bambu no Brasil é finalizada com uma investigação acerca das possibilidades de incorporação dos produtos em BaLC à cadeia produtiva da ICC nacional. A discussão discorre sobre a oportunidade de absorção do bambu industrializado por processos industriais já consolidados com a substituição ou acréscimo dessa matéria-prima ao seu repertório, sem necessariamente ocorrer alguma mudança no processo produtivo, com o intuito de reduzir custos e viabilizar o crescimento da industrialização desse vegetal no país de maneira ligeiramente simplificada, sem a necessidade de criação de toda uma cadeia produtiva específica para o BaLC.

Com o intuito de compreender o processamento do bambu enquanto uma atividade industrial em relação aos conceitos de sustentabilidade, a primeira categoria de análise aborda o potencial de desenvolvimento socioeconômico através do bambu industrializado, a quebra de paradigma inerente à introdução de um processo industrial de baixo impacto ambiental para a realidade nacional, e, por fim, as limitações para o desenvolvimento dessa atividade no país.

A análise acerca do desenvolvimento socioeconômico relacionado à industrialização do bambu considera a complexidade inerente à proposição de estratégias de desenvolvimento sustentável, apontadas por autores, como Sachs (2008) e Buarque (2008), além de correlacioná-las às particularidades do Brasil, que é um país em desenvolvimento e, segundo o IBGE (2020), com um dos maiores índices de desigualdade social do mundo.

O Brasil faz parte dos Países Menos Desenvolvidos (PMDs) e, de acordo com Sachs (2008), os países pertencentes a esse grupo enfrentam um ciclo vicioso de empecilhos ao desenvolvimento, os quais estão relacionados principalmente a duas atividades: agricultura e industrialização. Apesar disso, o autor afirma que o rompimento dessa cadeia é possível desde que sejam criadas estratégias de desenvolvimento inclusivo, sustentável e sustentado.

Dentro desse contexto, analisa-se o potencial da industrialização do bambu, especialmente o BaLC, considerando-se a sua viabilidade técnica, política e social. Além disso, de acordo com autores como Filgueiras e Gonçalves (2004), Filgueira e Viana (2017) e Pereira e Beraldo (2016), o bambu processado industrialmente é apontado como uma alternativa possível de desenvolvimento sustentável nacional, isso porque tem a capacidade de contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, gerando emprego e renda no campo e na cidade, além de ser uma atividade industrial com baixo impacto ambiental. Nesse sentido, estuda-se a conjuntura de leis, normas técnicas, financiamentos, certificações, entre outros, para a elaboração de uma cadeia produtiva do BaLC no Brasil.

Quanto à introdução de um processo industrial de baixo impacto ambiental, o trabalho desenvolve uma análise que tem como referência o processo evolucionário em direção ao consumo sustentável, proposto por Santos (2009), que estabelece cinco níveis de sustentabilidade. Esses níveis formam uma evolução gradativa em direção ao consumo sustentável, e vão desde simples mudanças para a melhoria do desempenho ambiental de um produto sem que haja nenhuma alteração nas suas características, até a mudança de estilo de vida da população para o consumo suficiente, que corresponde ao quinto e último nível desse percurso.

Neste contexto, é considerado o impacto ambiental causado pelo processamento do bambu e apontam-se as possibilidades para que essa atividade avance nos níveis do sistema avaliado. Pondera-se acerca de estratégias de melhorias ambientais dentro dos dois primeiros níveis do sistema: a melhoria ambiental dos fluxos e o redesign ambiental.

Para a adequação ao primeiro nível, analisa-se o consumo energético, o processo de fabricação, o adesivo empregado, o processo de imunização e o aproveitamento do colmo para a produção de placas de BaLC e as alternativas para a redução do impacto causado por esta atividade, que vão desde a adoção de uma fonte de energia renovável até utilização de adesivos de origem vegetal, e outras melhorias apontadas em pesquisas científicas, como Almeida, Alves e Teixeira (2016), Almeida e Magalhães (2010), Almeida e Teixeira (2006), Carbonari e Libreloto (2019), Reghin Filho, Caleffi e Miotto (2017), Lapo e Beraldo (2008), Patury, Almeida e Zanoni (2018), entre outros.

Quanto ao segundo nível do sistema, o redesign ambiental, analisa-se a substituição da madeira pelo bambu em produtos onde esses dois vegetais são considerados equivalentes, para ocasionar a redução da exploração de florestas tropicais.

Os limites da expansão dessa atividade no país são expostos também nessa categoria, essas foram delimitadas a partir da associação do resultado de pesquisas, como Almeida (2017), Barelli (2009), e Ostapiv e Fagundes (2008), ao resultado das análises dos tópicos anteriores dessa dissertação. Os principais aspectos analisados foram custo, viabilidade técnica, disponibilidade de matéria-prima e políticas públicas, pois o desenvolvimento da industrialização do bambu no país depende não somente da produção de conhecimento científico acerca do assunto, mas principalmente de um sistema de leis e programas de incentivo público que impulsionem a atividade no país de maneira consistente e sólida.

Evidencia-se que as limitações são apontadas a fim de esclarecer os pontos que devem ser superados durante o processo de desenvolvimento dessa atividade no país e não como elementos taxativos de restrição ao seu crescimento.

A segunda categoria de análise trata da função do projeto na diversificação e qualidade dos produtos industrializados, além da sua contribuição para o avanço da produtividade industrial, considerando todas as etapas que fazem parte desse processo. Neste sentido, são incluídos o ensino e pesquisa voltados ao desenvolvimento sustentável, além de discorrer acerca do projeto como criador de demanda para a utilização de materiais inovadores.

A avaliação das contribuições do campo de ensino e pesquisa para o conhecimento de materiais naturais no Brasil considera a análise de autores, como Babosa (2005), Gonçalves e Duarte

(2006), e Vasconcelos, Nudel e Pirró (2006), sobre as disciplinas dos cursos de Arquitetura, Engenharia Civil e Design, as quais estão majoritariamente voltadas para a formação acerca dos materiais construtivos industrializados convencionais, com uma abordagem superficial dos materiais naturais e não-convencionais.

Considera-se, na análise supracitada, o impacto causado por essa deficiência nos cursos de graduação na atuação dos profissionais, que, naturalmente, optam por utilizar os materiais que estão familiarizados, o que, entre outras questões, reflete diretamente na pouca utilização dos materiais não-convencionais nas construções em território nacional. Além disso, evidencia-se a existência de material científico sobre o assunto, especialmente os que tratam do bambu, que podem ser absorvidos pelas grades curriculares dos cursos de graduação para que as estratégias de desenvolvimento sustentável para a ICC, através da diversificação dos materiais empregados.

Por fim, a análise sobre o projeto é fundamentada na conceituação feita por autores como Landim (2010), Gorovitz (1993), Mascaró (1985), Broadbent (1988), Santos e Menezes (2009), entre outros, e aborda, principalmente, as suas características de planejamento, consideram-se os principais condicionantes (cultural, ambiental, econômico, social, político, entre outros) para a proposição de um produto ou processo produtivo.

Além disso, são abordadas as necessidades sociais e ambientais da sociedade atual, visando o desenvolvimento sustentável e, portanto, as necessidades das gerações futuras, e o impacto dessas particularidades no processo de projeto. Discorre-se, também, acerca do papel do projetista e designer no caminho para a sustentabilidade. Ademais, embasando-se no conceito de Krishnan e Ulrich (2001) acerca do Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) e Gestão de Desenvolvimento do Produto (GDP) abordados pela revisão de literatura, propõe-se um planejamento do processo produtivo para o bambu industrializado com estratégias regionais, que contempla desde a escolha da espécie de bambu e a definição dos meios de produção, até o planejamento das estratégias de venda do produto final.

A elaboração do processo de análise foi feita a partir da definição das categorias de análise com o intuito de atender ao objetivo proposto pelo trabalho, de acordo com o material pesquisado para a formulação do referencial teórico. A discussão e análise, apresentadas no capítulo seguinte, está seccionada em três tópicos e obedece a sequência apresentada nesse capítulo, onde o primeiro apresenta o cenário da industrialização do bambu no país, o segundo discorre acerca da

sustentabilidade socioambiental e desenvolvimento socioeconômico relacionadas ao incremento dessa atividade e, por último, no terceiro tópico, abordam-se as atribuições do projeto, pesquisa e ensino para o crescimento e valorização do processamento industrial do bambu em território nacional.

CAPÍTULO III: DISCUSSÃO E ANÁLISE

O processo analítico foi segmentado em três eixos temáticos: industrialização do bambu no Brasil, sustentabilidade ambiental e socioeconômica, e projeto, ensino e pesquisa. A fragmentação do conteúdo foi feita de acordo com as categorias de análise explanadas na pesquisa, a fim de que esses sejam abordados com maior especificidade e clareza.

1. Industrialização do bambu no Brasil

1.1 Potencialidades

Os principais benefícios da industrialização do bambu estão diretamente ligados ao conceito de desenvolvimento sustentável, pois a partir do emprego industrial deste vegetal na produção de elementos e de componentes para a construção civil, há desdobramentos positivos nas esferas social, econômica e ambiental. O aspecto social desta atividade está ligado, principalmente, a geração de emprego e de renda para a população rural, incentivando a fixação dessas pessoas no campo e contribuindo para a diminuição da sobrecarga das cidades. Os benefícios para a população urbana também estão voltados para a geração de emprego em fábricas e oficinas. A diversificação da economia é uma importante característica relativa à introdução do BaLC na Indústria da Construção Civil (ICC) nacional, visto que são ampliados os setores produtivos que utilizam matéria-prima de origem vegetal no setor industrial brasileiro. Quanto à característica ambiental desta atividade, os benefícios vão desde o sequestro de carbono e a proteção do solo, ocasionado pelas plantações de bambu, até a inserção de um produto industrial de baixo impacto ambiental que pode substituir o uso dos materiais construtivos convencionais. Além disso, o bambu é um recurso de rápida renovação e a sua produção industrial gera resíduos biodegradáveis (ALMEIDA, 2017; BARELLI, 2009; OSTAPIV; FAGUNDES, 2008).

1.2 Diretrizes para expansão

A viabilização da industrialização do bambu, no Brasil, requer algumas ações que dependem da parceria entre agentes do governo, pesquisadores e empresários, como a conscientização e a qualificação dos agricultores e da população rural acerca do potencial econômico, ecológico e nutritivo do vegetal, a capacitação dos agricultores quanto às técnicas de manejo, de adubação, de plantio e de propagação para a formação de plantações comerciais, e o investimento em maquinário

e capacitação de operários para as técnicas produtivas do BaLC. Além disso, é necessária a ampliação das pesquisas envolvendo o maior aproveitamento do colmo e também dos resíduos da laminação e o desenvolvimento de adesivos nacionais para colagem das ripas, a fim de diminuir o custo final do produto, e o desenvolvimento da silvicultura deste vegetal, especialmente voltada para a produção de mudas. Por fim, é imprescindível que ocorra um incentivo governamental para a criação de empresas e demais modalidades de organizações voltadas para a produção de BaLC. (ALMEIDA, 2017; BARELLI, 2009; OSTAPIV; FAGUNDES, 2008).

1.3 Incorporação de produtos em BaLC à cadeia produtiva da ICC nacional

As etapas iniciais do cultivo do bambu em plantações comerciais são definidas de acordo com a destinação final do colmo e a qual tipo de processamento será submetido. Por isso, a criação e a estruturação de uma cadeia produtiva exclusivamente voltada para o bambu se tornam uma atividade extremamente complexa, que demanda um alto investimento financeiro. De acordo com Barelli (2009), não existe, no Brasil, a produção e o processamento do BaLC em escala industrial ou comercial, por isso, a análise dessa cadeia se torna imprecisa. Em contrapartida, a região Nordeste do Brasil se destaca na comercialização do bambu, por abrigar indústrias de celulose de bambu e de papel, e fornecer produtos para empresas nacionais e internacionais como Natura, Penalty, McDonald's e Fiat Lux. Em Pernambuco e no Maranhão, especialmente, estão localizadas duas empresas de grande porte do Grupo Industrial João Santos, os quais utilizam o *Bambusa vulgaris* para a fabricação da celulose. Tal corporação possui plantações comerciais de bambu que abrangem uma área plantada total superior a 30 mil hectares. (MANHÃES, 2008).

A China é o país referência quanto a industrialização do bambu, possuindo uma cadeia produtiva consolidada deste material. No entanto, o processo de formação desse conjunto partiu da utilização tradicional de tal vegetal no país. O investimento do governo em políticas públicas, em desenvolvimento de tecnologia e em educação fez com que o bambu se tornasse um importante instrumento de desenvolvimento para o país, desde a população rural até a urbana. No Brasil, o interesse pela cultura do bambu está partindo não só do campo científico, mas também da sociedade, pois a utilização dessa planta não faz parte da cultura construtiva do país, e não há, na sociedade, a consciência sobre as vantagens da utilização desse vegetal, assim como afirma Almeida (2017). Ainda de acordo com o autor, o processo de industrialização do bambu no país deve ser o da "industrialização mimética", absorvendo o *modus operandis* da produção industrial asiática, que é a mais avançada no mundo para esse tipo de produto. Além disso, é importante ressaltar a importância

das ações governamentais no incentivo à industrialização do bambu, visto que, apesar de as recentes e pontuais ações do governo, não existe um planejamento efetivo para incentivo dessa cultura.

Considerando o cenário nacional, Sartori (2011) sugere a realização de uma prospecção de mercado para definir quais produtos da BaLC ganharia em maior nível de aceitação pelos consumidores, em seguida, a partir desse resultado, aplicar-se-ia a estruturação de uma cadeia produtiva para o produto. Essa metodologia para o desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu industrializado faz com que a estruturação de “micro” cadeias torne o processo mais simples e com menor necessidade de investimento financeiro. Através desse processo, é possível identificar quais componentes construtivos em BaLC podem ser absorvidos com maior facilidade pela cadeia produtiva da ICC, tendo em vista que o bambu industrializado consegue substituir a madeira em certas aplicações como na produção de itens de mobiliário, painéis de vedação, piso e elementos estruturais, além de poder ser associado a esse material, a fim de diminuir o seu consumo.

A indústria mobiliária está inserida na Indústria de Suprimentos da ICC que, tradicionalmente, utiliza os laminados, normalmente de madeira, como insumo para o seu processo produtivo. Sendo assim, a produção de placas em BaLC voltadas para esse tipo de aplicação tornaria possível a absorção do produto em bambu em um processo industrial já existente e consolidado. Nesse caso, a substituição da madeira pelo bambu é relativamente simplificada, pois existe, no Brasil, uma cultura de utilização do bambu colmo no setor mobiliário, através de uma atividade artesanal. Sendo assim, entende-se que a utilização do laminado de bambu para a confecção de móveis não constitui uma ruptura na cultura nacional, estabelece-se apenas uma variação dessa aplicação com um produto industrializado, pois o emprego das placas em BaLC seria feito pela indústria mobiliária convencional, assim como as atividades relacionadas à distribuição e à comercialização delas.

Sob esse viés, o processo é simplificado do ponto de vista da aceitação do material pelo consumidor, mas considerando a realidade da indústria moveleira nacional, existem barreiras principalmente voltadas para o investimento em novas tecnologias pois, de maneira geral, esse setor possui características produtivas muito tradicionais. Contudo, essa realidade tem mudado, tendo em vista que existe uma busca do setor por alternativas produtivas mais sustentáveis. A exemplo da empresa mobiliária nacional Oré Brasil, que atuou entre 2008 e 2011 na manufatura de móveis feitos em bambu industrializado. De acordo com Orthey (2015), a empresa era responsável desde o processo de coleta da matéria-prima e produção das placas, até a distribuição do produto final. No ano de 2011, a produção de móveis de bambu foi interrompida, situação essa que se mantém até os

dias atuais, o que sugere que, apesar de a adequação do BaLC para a confecção de móveis, a concentração de todas as atividades da cadeia produtiva na empresa mobiliária não é adequada e/ou rentável.

Além disso, a utilização do BaLC para a confecção de elementos estruturais tem sido amplamente explorada e analisada por pesquisadores. No Brasil, estudos evidenciam o potencial de substituição da madeira pelo BaLC, como é o caso de Rosa (2013) que atestou a equivalência desses materiais para a produção de portas, de esquadrias, de móveis, de vigas e de colunas, a depender da espécie de bambu e do adesivo empregado. Além disso, outros pesquisadores como Lima Júnior e Dias (2001) constataram a eficácia da utilização do BaLC para a fabricação de vigas e a uniformidade de desempenho entre as vigas desse material e as feitas em madeira. Ainda nesse estudo, os pesquisadores afirmam que a associação de madeira e bambu para a confecção dessas peças não afeta o seu comportamento estrutural, sendo mais vantajoso a utilização combinada entre eles. Considerando o uso do BaCL em elementos estruturais, existe um impasse nesse sentido ligado à ausência de normas técnicas que assegurem a sua utilização para este fim no Brasil. Isso dificulta a uniformidade entre o resultado dos testes feitos com esse material, visto que os pesquisadores em seus estudos aplicam normas internacionais ou adaptam os ensaios feitos em madeira. Avaliando superficialmente, as placas em BaLC têm um desempenho similar ao de uma madeira leve, não adequada ao uso estrutural. De acordo com Pereira e Beraldo (2016), isso ocorre devido à qualidade das linhas de colagem impactar diretamente no desempenho das placas em BaLC, pois a espessura das ripas é estreita, tornando-se necessária a disposição de muitas camadas (ripa+cola) para atingir a dimensão das placas. Nesse sentido, estudos como os realizados por Beraldo e Abbade (2003), Pereira e Beraldo (2016) e Pereira (2006), evidenciam a adequação do laminado em bambu para o uso em mobiliário, e evidenciam a necessidade da normatização desse material para o uso estrutural.

Considerando esse contexto, evidencia-se, com base em experiências nacionais como a Oré Brasil (ORTHEY, 2015) e os protótipos desenvolvidos pelo CPAB/UnB (ALMEIDA; VAZ, 2018), que o melhor caminho para a introdução de componentes em BaLC na ICC nacional é através do setor mobiliário. A indústria de móveis é capaz de absorver esse material como insumo para a sua produção, sem que seja necessária uma readequação da estrutura já consolidada dessas empresas. De acordo com o que foi analisado, tudo indica que a formação de uma rede de produção de placas de BaLC que forneça esse insumo para a indústria moveleira, assim é possível introduzir o laminado de bambu a uma cadeia produtiva já consolidada. Nesse sentido, evidencia-se que a incorporação do BaLC como matéria-prima para a indústria moveleira inicia-se pela implantação de plantações comerciais e de fábricas para a produção de placas, para que o produto final, seja comercializado

para as indústrias moveleiras. Na Figura 21, apresenta-se a diagramação de uma cadeia produtiva para o mobiliário em BaLC. Esse modelo de cadeia baseou-se nos exemplos formatados por Barelli (2009) e Orthey (2015), mas com a adequação da autora que sugere a sistematização de produção de placas para a indústria moveleira. Além disso, como forma de suporte a essa cadeia, deve-se estruturar uma rede de formação para a capacitação técnica de pessoas acerca do bambu industrializado.

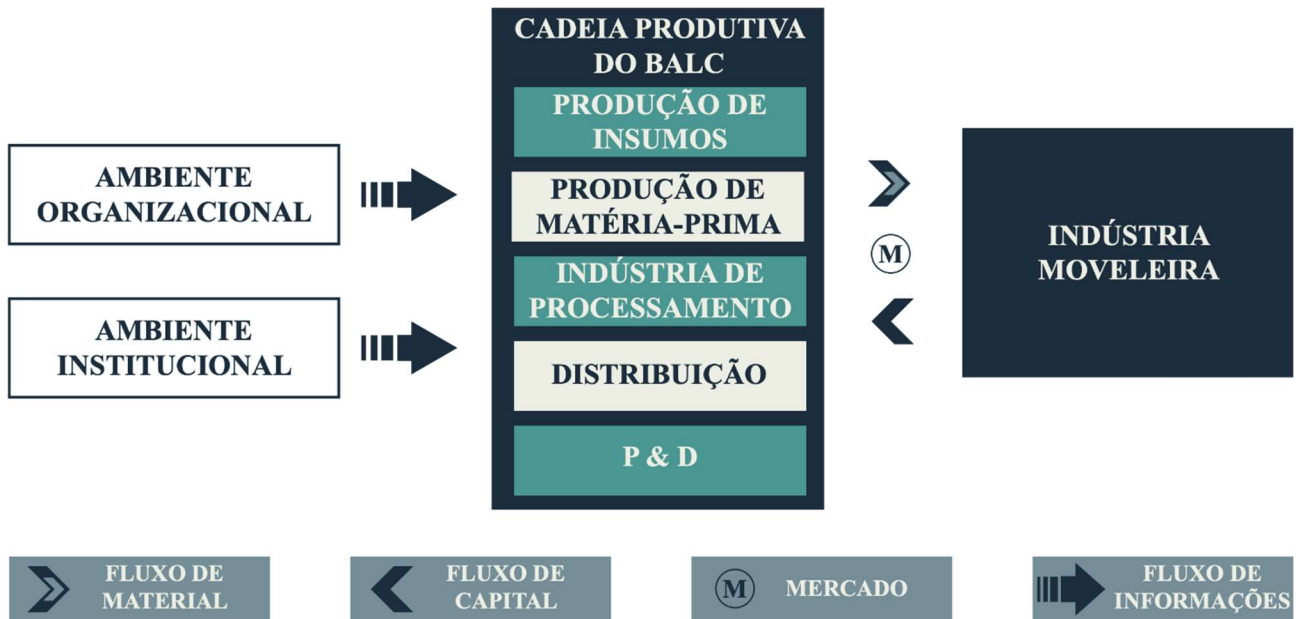
Figura 21 - Modelo de Cadeia Produtiva de Móveis em BaLC



Fonte: autora, 2021

Na Figura 22 (p.88), apresenta-se a esquematização da produção de móveis em laminado de bambu, em que a cadeia produtiva do BaLC é formada apenas pelas atividades voltadas para a produção e para a distribuição de placas para a indústria moveleira. Essa estruturação das atividades descentraliza os custos ligados à sua implementação, assim como possibilita que uma rede de empresas seja beneficiada por essa atividade comercial. Sendo assim, é possível desenvolver as atividades agrícolas e fabris separadamente, e abastecer com maior alcance a indústria moveleira nacional. Além disso, as atividades ligadas ao ambiente organizacional e institucional da cadeia produtiva do bambu se concentram na delimitação de estratégias para o desenvolvimento de um único produto. Dessa forma, é possível que, a partir da consolidação da produção em escala industrial desse material, desenvolva-se toda uma cadeia de produtos a partir dele, a começar pelos itens do mobiliário, podendo expandir para os demais componentes construtivos que compõem a ICC.

Figura 22 - Esquematização Cadeia Produtiva BaLC



Fonte: autora, 2021

A Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e à Cultura do Bambu (PNMCB) incentiva a utilização desse vegetal e estabelece diretrizes e instrumentos para o desenvolvimento da cultura do bambu no país, mas não cria projetos ou programas que de fato coloquem essas estratégias em prática. Entretanto, os projetos e programas que de fato colocarão essa lei em prática serão feitas através da regulamentação pela frente parlamentar ou através da ação dos ministérios. A importância da “Lei do bambu” para a valorização dessa cultura no Brasil é inegável, visto que esse vegetal é culturalmente associado à pobreza em nosso país. No entanto, são necessários programas que viabilizem a estruturação de uma cadeia de comercialização para o bambu colmo, iniciando através da produção de mudas e de plantações comerciais. Nesse sentido, as instituições acadêmicas do país têm assumido o papel de conduzir a democratização da informação acerca das oportunidades que envolvem o cultivo do bambu, como acontece nos Seminários Nacionais do Bambu organizados pelo CPAB/UnB, no curso BAMBUSP oferecido pela USP, entre outros. Além disso, existem grupos de pesquisa que oferecem treinamentos e formações sobre o cultivo e o manejo do bambu para a comercialização. Essas iniciativas práticas são essenciais para que a população rural do país perceba no bambu uma oportunidade de melhora na qualidade de vida e na diversificação da fonte de renda. Por isso, espera-se que o governo estabeleça políticas públicas para capacitação focada no cultivo e no manejo do bambu, além de incentivos financeiros para a cultura desse vegetal. Os autores consultados indicam que a implementação de plantações comerciais é o ponto de partida para que se crie uma cadeia produtiva do bambu industrializado, a partir delas estão as etapas de beneficiamento e de processamento do colmo, as quais compreendem as atividades industriais dessa cadeia.

A industrialização do bambu para componentes construtivos no Brasil é promissora, mas está em fase de desenvolvimento, não existindo produção de colmos em larga escala, ou o controle de qualidade necessário ao processamento industrial, como afirmam Pereira e Beraldo (2016). Além disso, não há o investimento necessário do governo em iniciativas que catalisem o processo de desenvolvimento dessa atividade. Por isso, a incorporação dos produtos de BaLC em cadeias produtivas já estabelecidas demonstra ser o caminho mais viável para a consolidação do uso do bambu industrializado em território nacional. A situação hipotética explanada pode ser aplicada não somente à indústria mobiliária, como também de pisos, de forros e de outros componentes construtivos pré-fabricados, como por exemplo painéis de vedação. Além disso, a partir da implementação das plantações comerciais para este fim, podem ser desenvolvidas outras culturas relativas ao bambu, como a de produção de brotos para servirem de alimento.

2. Sustentabilidade ambiental e desenvolvimento socioeconômico

2.1 Desenvolvimento socioeconômico através do bambu industrializado

O processo de globalização e de desenvolvimento aconteceu de forma assimétrica no mundo, ocasionando uma intensa desigualdade entre os países ricos e os Países Menos Desenvolvidos (PMDs). Esses países, independentemente de suas especificidades, estão reprimidos por uma “armadilha da pobreza estrutural”, definida por Sachs (2008) como um ciclo vicioso repleto de obstáculos ao desenvolvimento, os quais são: agricultura primitiva e de baixa produtividade, impossibilitada de atender à necessidade alimentícia do meio urbano e as matérias-primas necessárias às indústrias, além de a carência de indústrias manufatureiras que equipem os agricultores com implementos, com maquinários e com produtos, em geral, que auxiliem na expansão de sua produção. Ainda assim, Sachs (2008) afirma que é possível que os PMDs transcendam esse ciclo, que alimenta seu subdesenvolvimento e pobreza, através da construção de estratégias nacionais para um desenvolvimento inclusivo, sustentável e sustentado. Nesse contexto, a industrialização do bambu se torna uma importante alternativa de desenvolvimento socioeconômico. Isso porque atua sob os dois principais eixos do ciclo vicioso dos PMDs: a produção agrícola e a industrial.

A produção agrícola do bambu para fins industriais já é uma realidade no Brasil, no entanto, é voltada principalmente para a produção de papel e de celulose. O manejo das plantações comerciais de bambu varia de acordo com a finalidade daquela produção, no caso da manufatura

das placas de BaLC, é necessário que haja um controle da espécie e da maturidade do colmo a ser utilizado, que é diferente dos cuidados relativos à produção de colmos para celulose. Apesar disso, a existência desse tipo de plantação comercial evidencia que a formação de uma rede de plantações comerciais de bambu para a produção de laminado colado é uma estratégia de desenvolvimento viável. O planejamento é a principal ferramenta para que ocorra a unificação dos interesses dos diversos atores envolvidos na delimitação das estratégias de desenvolvimento, pois é através dessa preparação que se pode delinear a ação do Estado. De acordo com Buarque (2008), esse planejamento deve ser feito a partir de um processo técnico e político, contando com a complexidade da sociedade contemporânea e as diversas opções existentes no seu modo de desenvolvimento. Assim, é possível que as estratégias de desenvolvimento sejam viáveis, exequíveis e eficientes. Ademais, o desenvolvimento socioeconômico está relacionado não só ao aumento do ganho de capital, mas também à ampliação da geração de renda e da melhoria da qualidade de vida da população. Associado a isso, ainda estão inseridas as questões ambientais, as quais compõem o cenário do desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento de sociedades com alto índice de desigualdade social e concentração de renda é lento, pois ao passo que a desigualdade aumenta, também se eleva o descontentamento geral da população, fazendo com que as divisões políticas e sociais sejam intensificadas. Essa situação, além de dificultar a redução da pobreza, também gera e sustenta oportunidades desiguais para os indivíduos, o que influencia negativamente o bem-estar da sociedade como um todo. De acordo com a síntese dos indicadores sociais publicada pelo IBGE (2020), o Brasil é um dos países com maior desigualdade do mundo. De acordo com o Relatório Social Mundial (2020), entre os anos de 1990 e 2010 houve uma diminuição na desigualdade social na maioria dos países da América Latina, mas após esse período a desigualdade voltou a crescer em alguns deles. Esse mesmo documento aborda o Brasil como um dos países que conseguiu diminuir a desigualdade, mas com a instabilidade desse progresso e a incerteza quanto aos próximos resultados, pois o país enfrentou uma importante crise econômica e política entre os anos de 2015 e 2018, a qual contribuiu para o novo crescimento da desigualdade social no país.

A partir da análise dessa realidade, evidencia-se a necessidade da criação de iniciativas de desenvolvimento sustentável para o Brasil, a fim de contribuir com a redução da pobreza e a melhoria na qualidade de vida da população como um todo. De acordo com Sachs (2008), o desenvolvimento sustentável é a inclusão do fator sustentabilidade ambiental ao já existente aspecto da sustentabilidade social inerente ao termo desenvolvimento. A partir dessa perspectiva, pode-se caracterizar o bambu industrializado como uma alternativa adequada de desenvolvimento

sustentável para o Brasil, pois age diretamente nas esferas ambiental e social de maneira equilibrada e eficiente. Esse vegetal é encontrado em território nacional em abundância e é facilmente adaptável às condições climáticas locais da maior parte dos estados (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004, 2011; FILGUEIRAS; VIANA, 2017; PEREIRA; BERALDO, 2016). A produção comercial desse vegetal no Brasil está majoritariamente localizada no Nordeste, para a produção de biomassa, celulose e papel. Nos estados da Paraíba e Pernambuco há 15 mil hectares destinados a produção de celulose e papel, enquanto que no estado do Maranhão, cultiva-se esse vegetal em 22 mil hectares para a produção de biomassa. Além disso, apesar de menos expressivo, existe também o cultivo do bambu para a produção de brotos comestíveis e fitocosméticos, nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Bahia e Paraná (RODRIGUES, 2020). Apesar de as plantações existentes não serem capazes de atender a demanda de um processo de industrialização, devido à falta de controle acerca das características do vegetal, isso demonstra que há, de fato, a viabilidade para a implementação de plantações comerciais.

A estruturação da cadeia de industrialização do bambu no Brasil deve iniciar pela produção de colmos adequados a esse fim, através da implementação de plantações comerciais que assegurem a qualidade do colmo e a capacidade produtiva para a produção industrial, as quais podem ser feitas através de plantações extensas ou pela união da produção de diversos pequenos produtores. Assim, existe uma evidente oportunidade para que o produtor rural, com propriedades pequenas, seja capaz de adotar a cultura do bambu e, através da venda dos colmos tratados, alcançar a melhoria na sua qualidade de vida. De acordo com alguns autores, como Pereira e Beraldo (2016), o investimento necessário para iniciar uma plantação controlada de bambu é baixo, assim como os custos totais para a sua manutenção. Em contrapartida, o tratamento dos colmos, etapa essencial para que o material atinja a durabilidade necessária, tem maior custo agregado, pois utilizam-se componentes químicos, como o Boro Decahidratado importado da Argentina utilizado pelo CPAB/UnB, que acabam por ter um valor elevado devido a importação ou terem pouca disponibilidade, a depender da localidade da plantação. Apesar disso, existem algumas possibilidades de tratamento, com eficácia comprovada, que possuem um custo relativamente baixo e podem ser aplicados sem a necessidade de uma complexa infraestrutura, como a cura por imersão ou por fumaça.

A criação de políticas públicas de incentivo à cultura do bambu é essencial para que as atividades ligadas ao vegetal se tornem parte da cultura do país, pois não é possível desenvolver as atividades industriais sem que haja o fornecimento em escala do insumo adequado. Nesse sentido, a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu (PNMCB) (BRASIL, 2011), ou Lei do Bambu, estabelece diretrizes e instrumentos para desenvolver a cultura desse

vegetal no país, e delega para os órgãos competentes a responsabilidade de estabelecer parceria, de incentivar pesquisas, de orientar o cultivo, entre outras atividades essenciais para o desenvolvimento da cultura do bambu. A Lei do Bambu representa um marco legal na história do cultivo do bambu no Brasil, mas, na prática, ela não foi capaz de atuar como um vigoroso condutor para o desenvolvimento da produção desse vegetal em território nacional. Em parte, isso foi ocasionado pela falta de política públicas auxiliares que estruturariam o desenvolvimento dessa atividade de forma prática.

A PNMCB institui o crédito rural sob condições favoráveis como um de seus instrumentos, mas não delimita com clareza quais são essas condições. De acordo com o Guia de Financiamento Florestal (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2016), as linhas de crédito florestais aplicáveis para a cultura do bambu disponíveis no Brasil são: Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) Florestal, BNDES – Programa Fundo Clima, Fundo de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) Verde, Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) Verde, Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) Amazônia Sustentável. Esses financiamentos abordam diversas atividades como o plantio florestal, o manejo florestal sustentável, o apoio à cadeia produtiva de produtos madeireiros e não madeireiros, e as atividades do segmento industrial de transformação de produtos florestais madeireiros e não madeireiros.

Embora esses financiamentos sejam aplicáveis para a cultura do bambu, eles não são direcionados especificamente para esse desenvolvimento e, considerando que o potencial econômico ligado à essa atividade não é amplamente conhecido, acabam sendo utilizados por um pequeno grupo de pessoas que detém o conhecimento acerca do bambu como produto comercial e rentável. Nesse caso, reitera-se que a existência de linhas de crédito e de financiamento para este fim não implica diretamente no incremento da produção de bambu. Essa realidade pode ser mudada através da associação de iniciativas de treinamento, de capacitação e de educação da população rural acerca da cultura do bambu e de suas potencialidades, com as oportunidades geradas pelas possibilidades de financiamento através do crédito rural. Além disso, o PRONAF, fundo de financiamento em que o bambu está inserido, tem se descaracterizado do seu propósito inicial de apoio à agricultura familiar e grande parte dos seus recursos tem sido utilizada por produtores de milho e soja destinados à exportação. Sendo assim, o apoio às pequenas produções, como o bambu, é substituído pelo suporte às culturas mais lucrativas.

A Lei do Bambu aponta os órgãos competentes como responsáveis por incentivar o cultivo e a aplicação do bambu pela agricultura familiar, mas não explicita quais os meios para que isso aconteça. Atualmente, existem cursos e *workshops* oferecidos pelas universidades e pelos centros de pesquisa que buscam propagar o conhecimento acerca do manejo correto do bambu, a fim de preservar suas características físico-mecânicas e torná-lo resistente ao ataque de pragas. Apesar de essas iniciativas serem essenciais para que a comunidade se aproxime do conhecimento gerado no setor de P&D do país, elas ainda possuem um alcance limitado, seja pela falta de visibilidade, ou de recurso financeiro para ampliação desses programas. A intervenção do Estado em forma de políticas públicas, para estruturar e fomentar esses programas, a fim de ampliar seu alcance e unificar o conteúdo a ser passado para a população, tem a capacidade de promover um desenvolvimento coeso e sólido acerca dessa cultura no país. Sem esse direcionamento, a produção desse vegetal segue sem a capacidade de estabelecer um padrão de qualidade, visto que existe uma ampla variação entre as técnicas de cultivo e de manejo aplicadas nas plantações do país. Por isso, necessita-se da criação de políticas públicas voltadas especialmente para o treinamento acerca do manejo e do cultivo desse vegetal para fins comerciais, visando esclarecer todas as técnicas necessárias para a produção do bambu com características comerciais adequadas. Além disso, esse treinamento deve evidenciar o potencial de comercialização desse vegetal e fazer com que o interesse por sua produção cresça entre a comunidade rural.

A certificação de origem e de qualidade dos produtos destinados à comercialização também é apontada na PNMCB como um de seus instrumentos. No Brasil, as certificações podem ser obtidas através de agências certificadoras que representam o Forest Steward Council (FSC) e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (CERFLOR). O FSC e o CERFLOR possuem duas formas de certificação: (1) Certificação de Manejo Florestal e (2) Certificação Cadeia de Custódia, as quais certificam florestas e produtores de acordo com os seus critérios. O FSC é uma certificação internacionalmente reconhecida e avalia o cumprimento de exigências nos aspectos social, ambiental e econômico, de acordo com leis e princípios estabelecidos pela própria instituição. O CERFLOR é um programa nacional e baseia-se em critérios da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A partir da análise dos critérios avaliados pelas certificadoras citadas, percebe-se que há menções ao comprometimento ambiental e social das plantações, mas não há uma documentação específica que ateste a qualidade do produto e as características do bambu.

Nesse sentido, o manejo adequado do bambu é um fator determinante para garantir a qualidade do colmo, o que não exclui a necessidade de certificar o desempenho do produto a ser comercializado. Assim, tratando exclusivamente da utilização dos colmos para a construção civil,

torna-se necessária a formulação de normas para o bambu, que determinem qual o desempenho esperado para esses colmos e como esse deve ser avaliado. Recentemente, em dezembro de 2020, entrou em vigor a Norma Brasileira para Estruturas de Bambu que, apesar de não abordar a sua aplicação industrial, é um marco inicial para a produção de normas voltadas para esse vegetal. Embora a certificação dos produtos de bambu não dependa exclusivamente da elaboração de normas, a partir dessas é possível ampliar esse uso, como em edificações que passam por processos de licitação e que precisam atender a Norma de Desempenho (NBR 15.575). Atualmente, o desempenho das placas de BaLC é avaliado de acordo com normas internacionais e as NBRs voltadas para produtos similares em madeira. A aplicação das normas de madeira para o bambu, apesar de não serem totalmente adequadas às características do material, possibilita que ocorra a comparação entre os produtos feitos a partir desses dois materiais vegetais e reafirmam o potencial de aplicação do bambu industrializado, além de evidenciar a oportunidade de associação entre os dois materiais vegetais para a fabricação de produtos.

A partir da estruturação da produção do bambu colmo em escala comercial, é possível prosseguir para a etapa de beneficiamento industrial desse material. As plantações comerciais de bambu devem ser capazes de fornecer ao setor industrial informações acerca do produto, direcionando para a aplicação adequada de suas características. No caso da produção de placas em BaLC para a Indústria de Suprimentos da Construção Civil, existe uma diversidade acerca do desempenho esperado desse produto, de acordo com a sua finalidade. Por exemplo, as placas em BaLC voltadas para a produção de elementos estruturais não requerem as mesmas características que as placas que serão utilizadas para a produção de itens mobiliários. Nesse sentido, a certificação do colmo a ser comercializado se torna um importante instrumento para o desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu industrializado.

O processamento industrial desse vegetal no Brasil está em fase inicial de desenvolvimento, e o setor de P&D tem se dedicado a desenvolver conhecimento científico acerca do tema, a fim de proporcionar o crescimento sólido dessa atividade. Nesses estudos, avalia-se o desempenho desse material para diferentes finalidades, além de investigar métodos e técnicas de produção eficientes. O Centro de Pesquisa e Aplicação em Bambu e Fibras Naturais (CPAB) da Universidade de Brasília (UnB) e o Laboratório de Experimentação com Bambu da Universidade Estadual Paulista (Unesp) Bauru possuem uma estrutura de fabricação de laminado de bambu para a experimentação de aplicações para esse material, testes de suas características químicas e físico-mecânicas, além de se apresentarem como centros de disseminação do conteúdo teórico e prático acerca dessa atividade. Para a produção de placas de BaLC, afirma-se que fábricas com estruturas similares a uma

marcenaria são capazes de produzir esse material com pequenas adequações de maquinário, além de ser possível que algumas etapas sejam feitas de forma artesanal. Por isso, destaca-se que a produção de placas em BaLC pode ser feita com um investimento baixo, quando comparado a outros materiais industrializados amplamente utilizados pela construção civil.

A produção industrial depende da produção em larga escala do bambu colmo, assim como só haverá o aumento do interesse em cultivar o bambu para plantações comerciais quando houver o crescimento da demanda por esse produto. Essa associação faz com que se crie um ciclo vicioso, similar ao ciclo da “armadilha da pobreza” citado por Sachs (2008), em que a falta de insumos impede o incremento da industrialização, e a falta de demanda dificulta a produção em larga escala da matéria-prima. Nesse contexto, a atuação do governo é a responsável por quebrar esse ciclo vicioso através do incentivo à produção em larga escala do bambu colmo e ao incremento da produtividade desse material industrializado. As estratégias governamentais para o fortalecimento da cadeia produtiva do BaLC no Brasil devem considerar as características socioeconômicas e culturais de cada região, através de iniciativas de abrangência local e que se iniciem no nível municipal, até que ocorra uma associação desses grupos menores a grupos maiores de acordo com suas afinidades sociais, culturais e de interesses.

De acordo com Sachs (2008), as estratégias de desenvolvimento de uma sociedade devem contar com a participação de trabalhadores, de empregadores, do Estado e da sociedade civil organizada, para que as comunidades sejam fortalecidas através desse processo e passem a ser capazes de delimitar o seu futuro. Partindo desse princípio, as estratégias de desenvolvimento ligadas ao bambu industrializado devem contar com o desenvolvimento local das comunidades rurais, através da introdução de plantações comerciais e do processo de industrialização do colmo, além da disseminação do conteúdo acerca das possibilidades que envolvem a cultura desse vegetal, para que essas comunidades sejam capazes de passar a ter autonomia em seus processos de desenvolvimento. Dessa forma, a partir do estabelecimento de estratégias de desenvolvimento eficientes e adequadas a cada realidade, é possível que esses núcleos de desenvolvimento pontual se associem até a obtenção de um processo de desenvolvimento global consistente.

2.2 Quebra de paradigma, introdução de processo industrial com baixo impacto ambiental

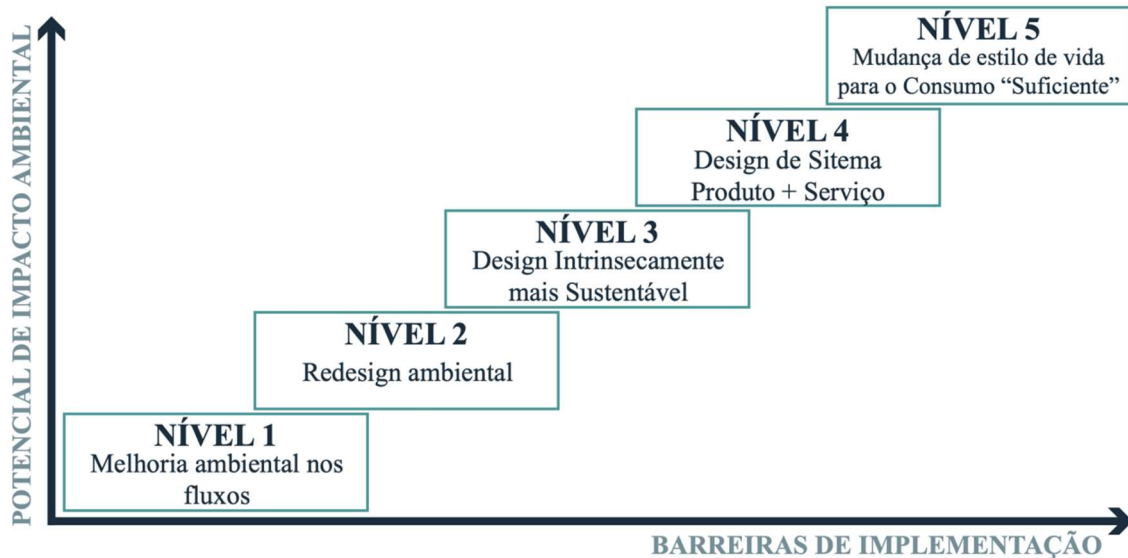
O crescimento econômico e industrial, em todo o mundo, foi alcançado através da intensa exploração dos recursos ambientais e também da degradação do meio ambiente. Tendo em vista que

esse método de produção foi criado para promover o aumento da produtividade e geração de riqueza, sem a preocupação com as consequências ecológicas - e sociais - causadas, desde que se atingisse o crescimento econômico esperado. Por isso, de maneira geral, o termo industrialização ao mesmo tempo em que está relacionado ao desenvolvimento e “futuro”, têm-se também a associação à degradação ambiental, em forma de poluição do ar e da água, extração incontrolada de recursos naturais, entre outros. Apesar disso, a industrialização é, na verdade, apenas um processo de substituição da produção artesanal pela produção através da utilização de maquinário, com a aplicação de organizações sociais e produtivas compatíveis com esse processo produtivo. Desde a crise energética mundial, década de 1970, iniciou-se o interesse pela adoção de meios produtivos com menor impacto ambiental, especialmente ligados a diminuição do consumo de energia fóssil. No entanto, as discussões acerca do desenvolvimento sustentável evoluíram ao longo dos anos para questões que vão além do consumo energético, e englobam as dimensões econômica, social e ambiental. No caso da industrialização, foram elaboradas legislações e acordos internacionais com o intuito de diminuir os impactos causados por essa atividade.

De acordo com Santos (2009), existe um processo evolucionário em direção ao consumo sustentável que considera a relação entre o potencial de impacto ambiental e as suas barreiras de implantação, estabelecendo cinco níveis de sustentabilidade (Figura 23, p.97), os quais devem ser gradativamente alcançados até que se conquiste um nível de consumo em que exista uma radical diminuição no consumo de materiais por parte de empresas e da sociedade como um todo. Os cinco níveis que constituem esse processo evolutivo são: (a) melhoria ambiental nos fluxos; (b) redesign ambiental do produto; (c) design intrinsecamente mais sustentável; (d) design de sistema produto e serviço; e (e) mudança de estilo de vida para o consumo “suficiente”. O primeiro nível consiste na concentração de esforços para melhoria do desempenho ambiental voltada para o fluxo de processos e de operações, com foco na seleção acertada de materiais e de energia, sem alteração nas características do produto. O segundo nível é o redesign ambiental, que significa a adequação do ponto vista ambiental de um produto existente, geralmente, é feita através da substituição dos materiais do produto, oferecendo o mesmo produto ao consumidor, mas com características ambientalmente responsáveis. O terceiro nível é o design intrinsecamente mais sustentável, que corresponde a uma estratégia de desenvolvimento de produto que busca a otimização do seu desempenho ambiental ao longo de todo o seu ciclo de vida, aplicam-se princípios de minimização de recursos, utilização de recursos de menor impacto, ampliação e otimização da vida útil dos materiais, e capacidade de desmontagem. O design de sistemas “produto + serviço” é o quarto nível, e representa uma estratégia de inovação que foca na reestruturação do mercado de vendas de produtos físicos para a venda da combinação entre produtos e serviços, com o objetivo de promover a desmaterialização do consumo. O quinto e último nível é a mudança do estilo de vida da população

para o consumo suficiente, que está muito relacionado à esfera sociocultural, onde há a revisão dos hábitos de consumo e estilo de vida do indivíduo para que o seu consumo esteja alinhado às suas necessidades reais e aos limites do planeta terra.

Figura 23 - Processo evolucionário em direção ao consumo sustentável.



Fonte adaptada: SANTOS, 2009, p. 14

A produção industrial de componentes construtivos em BaLC, como está proposta no tópico “Incorporação de produtos em BaLC à cadeia produtiva da ICC nacional”, corresponde ao segundo nível desse processo: o redesign ambiental. Os componentes construtivos em BaLC detêm as mesmas características e “utilidades” que os produtos feitos em outros materiais, mas com a utilização de um material renovável e de baixo impacto ambiental. Citando, especificamente, a possibilidade de absorção do BaLC pela Indústria Moveleira, essa que utiliza majoritariamente como matéria-prima a madeira, essa que é outro material renovável. Além de a manufatura de produtos em BaLC causar uma possível redução da pressão de exploração sobre as florestas. Outra vantagem do bambu sobre a madeira está em seu ciclo de renovação, pois o colmo é considerado maduro para a aplicação industrial por volta dos cinco anos, enquanto que o tempo de corte do Eucalipto (*Eucalyptus*), gênero que se destaca entre as demais por ter um rápido ciclo de renovação, é de aproximadamente sete anos. Adentrando à aplicação do BaLC em substituição de materiais não renováveis como cimento e plástico, os benefícios ambientais são ainda maiores, pois a exploração do bambu não agride o meio ambiente e o seu processo industrial gera majoritariamente resíduos biodegradáveis.

A industrialização do bambu está em fase inicial de desenvolvimento no Brasil e, como foi anteriormente mencionado, pesquisadores como Almeida (2017) recomendam que seja adotado um processo mimético ao que é executado na China, visto que o país é referência mundial na aplicação industrial desse vegetal. O processo de fabricação das placas de BaLC exige um alto consumo energético, a depender da quantidade de processos que o colmo passa até formar as placas. Apesar disso, de acordo com Chang *et al.* (2018), a fabricação das placas alcança a Neutralidade de Carbono (NET) devido ao “estoque” gerado pelo sequestro de CO₂ na plantação de bambu. Não obstante, a fim de ampliar o desempenho ambiental da produção do bambu industrializado, podem-se adotar estratégias ligadas ao primeiro nível do processo de evolução apresentado por Santos (2009), a melhoria ambiental nos fluxos. Ou seja, a estruturação da industrialização do bambu deve absorver o processo utilizado na China e promover melhorias quanto ao impacto ambiental causado pela atividade, o que já tem sido desenvolvido nas universidades, nos laboratórios e nos centros de pesquisa nacionais, como pode-se observar nas pesquisas apresentadas pelos Seminários Nacionais do Bambu, realizados pelo CPAB/UnB (ALMEIDA; ALVES; TEIXEIRA, 2016; ALMEIDA; MAGALHÃES, 2010; ALMEIDA; TEIXEIRA, 2006).

Essas melhorias podem estar ligadas à utilização de energia de fonte renovável, que tem características promissoras em nosso país, como também a diminuição, ou a simplificação, de processos para a produção de placas, a opção pela utilização de adesivos com menor impacto ambiental, entre outras. O processo produtivo das placas de BaLC se resume, basicamente, em quatro etapas: ripamento, imunização, secagem e colagem. O ripamento do colmo na China é feito com o auxílio de maquinário específico. No Brasil, existem exemplares desse maquinário em alguns espaços de P&D, como é o caso do CPAB/UnB e Laboratório de Experimentação em Bambu/Unep. Esse tipo de maquinário não é encontrado com facilidade em território nacional, na maioria das vezes, é importado, e, por isso, apresenta um custo elevado. Existem também produções nacionais desse maquinário (Figura 24, p.99), mas não existe constância em sua produção. Como uma alternativa, pode ser utilizada uma ferramenta manual conhecida como "divisor de taliscas" (Figura 25, p.99), que também não é facilmente encontrada em território nacional, mas possui baixo custo para sua produção. A utilização dessa ferramenta faz com que o consumo energético seja minimizado, além de reduzir consideravelmente o custo para montagem de uma fábrica de placas de laminado colado.

Figura 24 - Máquina para ripamento do bambu



Fonte acessada: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-862927955-maquina-de-rachar-bambu-_JM. Acesso em: 12 jan. 2021.

Figura 25 - Divisor de taliscas

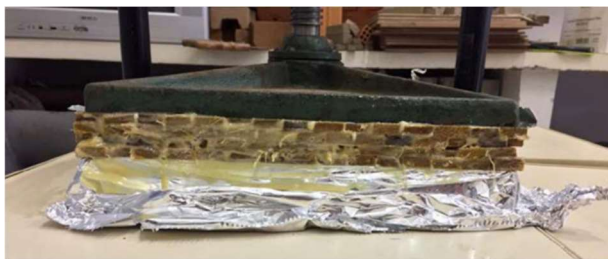


Fonte adaptada: REGHIN FILHO; CALLEFI; MIOTTO, 2017, p. 8

A etapa de imunização dos colmos pode ser realizada com a utilização de tratamentos preservativos de baixo impacto ambiental e, também, de baixo custo, como a imersão em água ou a imunização com tanino, que é apontado por pesquisadores, como Pereira e Beraldo (2016) e Carbonari e Librelotto (2019), como uma alternativa de tratamento preservativo de baixo impacto ambiental e eficiente para a industrialização. A secagem dos colmos após a imunização poder ser feita sem o apoio em maquinário, apenas com a correta disposição das ripas para viabilizar a ventilação entre elas. Por fim, na etapa de colagem das ripas, utiliza-se um adesivo para a união das ripas umas às outras e, posteriormente, faz-se a prensagem da peça. A utilização de adesivos à base de fenol-formaldeído é recorrente na produção de placas de BaLC. No entanto, esse material apresenta toxicidade, possui valor elevado, é um produto de base fóssil e necessita de altas temperaturas para ser empregado, o que implica em um alto consumo energético. Alguns estudos, como Reghin Filho, Caleffi e Miotto (2017) e Lapo e Beraldo (2008), apontam a utilização de adesivos derivados do óleo de mamona como um substituto equivalente aos adesivos normalmente empregados, com um impacto ambiental muito menor. Existe no mercado um adesivo produzido pela KEHL® Indústria e Comércio, que é 75% natural de fonte renovável, não contém solventes e não agride a natureza, além de possibilitar a cura sem calor. Outro adesivo que pode ser utilizado é a Cola de Poliuretano (Cola PU), que não é corrosivo e apresenta baixa emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), é um material amplamente utilizado na indústria moveleira, para a fixação de madeira e outros materiais, esse tipo de adesivo foi utilizado por Patury, Almeida e Zanoni (2018) para a confecção de um diretório de ônibus em BaLC e apresentou desempenho

satisfatório. A prensagem das peças pode ser feita com uma prensa manual (Figura 27), que é uma alternativa igualmente eficiente e consideravelmente mais barata e acessível às mecanizadas (Figura 26), porém com menor produtividade.

Figura 27 - Prensa manual



Fonte: REGHIN FILHO; CALLEFI; MIOTTO, 2017, p. 11

Figura 26 - Prensa mecanizada



Fonte: PEREIRA; BERALDO, 2016

Através da análise de pesquisas nacionais e internacionais acerca da industrialização do bambu, é possível afirmar que a implementação dessa atividade em território nacional representa uma alternativa de diminuição dos impactos ambientais causados por diferentes setores da indústria, como é o caso da ICC. O BaLC é uma oportunidade de desenvolvimento sustentável para a ICC, tendo em vista que o Brasil tem grande variedade de espécies lenhosas desse vegetal que podem ser empregadas para esse fim, e o seu processamento gera pouco impacto ambiental, especialmente quando comparado aos materiais convencionalmente utilizados por essa indústria. Além disso, como foi abordado nos parágrafos anteriores, os pesquisadores brasileiros têm desenvolvido metodologias para a produção desse vegetal que contribuam para que esse possua um desempenho ambiental ainda melhor. Ademais, têm sido desenvolvidos diversos estudos a fim de propor soluções para a montagem de fábricas de BaLC com menor investimento, mantendo a qualidade do produto final. Sendo assim, reafirma-se aqui o importante papel do setor P&D nacional como um condutor do conhecimento acerca do BaLC e incentivador de soluções de desenvolvimento com baixo impacto ambiental para o país. Por fim, evidencia-se a necessidade de criação de políticas públicas voltadas para o real incentivo ao incremento da cultura do bambu no Brasil. As estratégias de desenvolvimento devem ser feitas por diversos atores da sociedade, mas o apoio adequado do Estado é capaz de potencializar os resultados e fazer com que a industrialização do bambu no país seja uma ferramenta de desenvolvimento socioeconômico capaz de melhorar a qualidade de vida de inúmeras famílias que vivem à margem dos direitos da sociedade brasileira.

2.3 Limitações e alternativas

As principais limitações identificadas por pesquisadores, como Almeida (2017), Barelli (2009), e Ostapiv e Fagundes (2008), para a expansão da produção do laminado de bambu são a ausência de plantações comerciais de bambu em grande parte do território nacional, a consequente falta de matéria-prima a curto e médio prazo para a atividade industrial e o baixo rendimento do colmo do bambu para a produção de ripas, visto que apenas 30% do colmo é transformado em ripas no beneficiamento desse vegetal, o restante se torna resíduo biodegradável ou pode ser utilizado para a produção de outros produtos, como placas de compensado, por exemplo. Ademais, os estudos apontam a inconsistência da qualidade dos produtos fabricados devido à ausência de normas específicas para este material, a disponibilidade limitada de equipamentos para o processamento do bambu e o elevado custo final do laminado devido o preço do adesivo utilizado, que é importado. É importante ressaltar que em contrapartida à aplicação artesanal desse vegetal, o bambu industrializado requer de um espaço, como oficina ou fábrica, adequado ao seu processo produtivo, além da associação de atividades de planejamento, projeto e P&D. Por isso, a carência de políticas federais e macroprojetos que direcionem as ações voltadas para a produção industrial, e o restrito investimento financeiro também são apontados como fatores limitantes ao desenvolvimento da atividade de produção industrial deste vegetal no país. Como exemplo a essa deficiência, está a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentável e ao Cultivo do Bambu (PNMCB), a “Lei do Bambu”, que apesar de existente não está regulamentada e por isso, não é efetivamente aplicada. Por fim, existe pouca aceitação da sociedade em relação aos elementos e aos componentes construtivos que tem o bambu como matéria-prima, o que é explicado pela equivocada associação do bambu à precariedade e fragilidade.

3. Projeto, ensino e pesquisa

3.1 Ensino e pesquisa: agentes de condução ao desenvolvimento sustentável

As grades curriculares dos cursos de Design, Arquitetura e Engenharia Civil dispõem de pouco espaço para a abordagem dos materiais não-convencionais. De maneira geral, ensinam-se técnicas e conceitos acerca dos materiais convencionalmente utilizados na construção civil, mas ao tratar dos materiais naturais adota-se uma abordagem simplificada que não desperta nos estudantes o interesse real de aplica-los em sua vida profissional. Isso porque, quanto menos se conhece um material, mais difícil é utilizá-lo em projetos, visto que o projetista se torna responsável técnico

pelas soluções que adota. Portanto, os materiais industrializados convencionais da ICC são amplamente utilizados pelos profissionais, por questões de segurança e, também, de comodidade. Materiais que possuem uma vasta gama de exemplares construtivos, diversas associações e formatos, além de um aparato de normas a seu respeito, proporcionam ao profissional mais confiança em sua especificação técnica.

Considerando esse contexto, evidencia-se a necessidade de que o conhecimento produzido pelos laboratórios e centros de pesquisa das próprias universidades seja absorvido pelas grades curriculares dos cursos de graduação. Pois, comumente, apenas os estudantes da pós-graduação têm contato com o conteúdo desenvolvido nesses espaços e possuem em sua grade curricular disciplinas que abordam esses materiais com maior particularidade, tratando de suas especificidades técnicas. Essa realidade faz com que o maior volume de profissionais que atua no mercado tenha pouco, ou nenhum, conhecimento acerca dos materiais naturais (madeira, bambu, fibras, etc) e da sua imensa capacidade de aplicação nos diversos produtos da ICC. Apesar do crescente interesse do mercado por alternativas construtivas de menor impacto ambiental, a maioria das soluções empregadas está voltada para melhoria do desempenho energético, através da utilização de materiais industrializados inovadores, sistemas de automação, estratégia de projeto paramétrico, entre outras soluções consideradas de tecnologia avançada ou complexa, mas que não necessariamente tem um comprometimento com os impactos causados ao meio ambiente através de outros meios que não o consumo de energia.

O conhecimento acerca dos materiais naturais não-convencionais, como o bambu, no Brasil não é regido por normas nacionais, usualmente os profissionais que desejam utiliza-los recorrem a normas internacionais para que a aplicação do material seja feita da maneira tecnicamente adequada. Recentemente, em dezembro de 2020, foi normatizada a utilização do bambu colmo para estruturas (ABNT NBR 16828-1:2020 e ABNT NBR 16828-2:2020). A primeira parte da norma aborda o projeto e a segunda discorre acerca da “determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu”. A normatização da utilização do bambu para essa finalidade é um importante progresso para a cultura do bambu nacional, mas ainda assim, existem lacunas não preenchidas como as certificações acerca da qualidade do colmo e a aplicação industrial do vegetal, como é o caso do BaLC.

A revisão de literatura acerca do cenário da industrialização do bambu no Brasil realizada, evidenciou que apesar da utilização do bambu, colmo ou industrializado, como material construtivo

ainda não ser amplamente difundida em território nacional, há, desde o ano de 1996, no setor de P&D do país uma crescente de pesquisas acerca desse vegetal como material construtivo, seja em sua forma natural ou industrializada. As pesquisas desenvolvidas em território nacional abrangem desde a utilização do colmo para fins estruturais, até a associação do mesmo com cimento, em substituição ao ferro, entre outras tantas possibilidades, como pode se observar nos livros: “Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia” (DRUMOND; WIEDMAN, 2017), “Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil” (OSTAPIV; LIBRELOTTO, 2019), “Bambu de corpo e alma” (PEREIRA; BERALDO, 2016) e dos trabalhos apresentados nos Seminários Nacionais do Bambu (ALMEIDA; ALVES; TEIXEIRA, 2016; ALMEIDA; MAGALHÃES, 2010; ALMEIDA; TEIXEIRA, 2006). Considerando a produção acerca do bambu industrializado, são abordadas as formas de produção das placas de BaLC, métodos de imunização para o material, tipos de adesivo com menor impacto ambiental, estruturação de fábricas que demandam menor investimento de capital, além de diversas avaliações de diferentes formas de aplicação das placas de BaLC. Ademais, estuda-se também sobre a potencialidade do vegetal em contribuir para o desenvolvimento sustentável da ICC e para o desenvolvimento socioeconômico do país. Sendo assim, os laboratórios e centros de pesquisa que analisam esse material detêm um conhecimento técnico-científico em desenvolvimento acerca do tema, que é discutido em reuniões científicas, seminários e eventos acadêmicos, mas não são inseridos na grade curricular dos cursos de graduação. Dessa forma, o conhecimento acerca desse tipo de material fica restrito às pessoas que buscam se especializar no assunto, quando na verdade esse deveria ser abordado consistentemente nos cursos de graduação para que um maior número de profissionais fosse capacitado e essa realidade pudesse ser gradativamente absorvida pelo mercado.

A confecção de novos produtos está diretamente associada às pesquisas de mercado feitas em sua fase de concepção, a fase de projeto. A aceitação de um produto pela sociedade não está apenas associada as características desse material, leva-se em consideração também questões específicas relativas a cultura da cada comunidade, e o preço. No caso dos produtos feitos com o laminado de bambu, sabe-se que a produção de utensílios domésticos nesse material já é amplamente difundida na sociedade, mas a utilização desse vegetal para a confecção de componentes construtivos ainda sofre com o preconceito acerca da sua resistência e durabilidade. Por isso, é importante que as discussões iniciadas dentro do ambiente acadêmico sejam levadas à população, a fim de verificar a sua aceitação e aplicabilidade. Os arquitetos, engenheiros e designers são agentes capazes de transformar essa visão equivocada acerca do bambu, desde que esses sejam capacitados em sua formação acerca da utilização desse vegetal. É importante ressaltar que apenas a inserção de disciplinas voltadas para o ensino dos materiais não convencionais não garante que haverá o nicho

de mercado para utilização desses materiais, é necessária a associação de esforços para o desenvolvimento de estratégias junto ao Estado, para que essa forma de desenvolvimento saia do ambiente acadêmico para o meio industrial e canteiros de obras do Brasil.

As disciplinas da graduação deveriam abordar esses materiais através da disseminação da informação que se tem sobre o material, as suas possibilidades de aplicação, apresentação de exemplares e discussão de normas técnicas internacionais. No caso do bambu, a formação de profissionais poderia partir da utilização do colmo, que tem exemplares arquitetônicos e de artefatos desde o início da humanidade, até a aplicação industrial do vegetal, que está em consonância com o ritmo produtivo esperado pelo estilo de vida e consumo da população na atualidade. Adentrando ao universo da construção civil, o conteúdo das disciplinas deve abordar as técnicas construtivas apropriadas, os métodos de projeto que devem ser aplicados e as especificidades de detalhamento inerentes a cada tipo de aplicação do material.

A formação de profissionais com conhecimento técnico acerca dos materiais naturais, é essencial para a ampliação da utilização de estratégias sustentáveis na ICC. Considerando o conhecimento acerca do bambu colmo, os profissionais podem aplicá-los na criação e execução de exemplares arquitetônicos inovadores, mas também no desenvolvimento de programas de assistência técnica para comunidades a fim de promover a sua melhoria de qualidade de vida através da elaboração e construção de habitações em bambu que sejam habitáveis, com design, e duráveis, e que proporcionem que a própria comunidade seja capaz de produzir suas moradias. O BaLC está inserido no universo dos materiais industrializados e pode ser utilizado para diversos fins, desde peças de mobiliário à componentes estruturais, esquadrias e painéis de vedação. O conhecimento técnico dos profissionais acerca desse material promove a diversificação dos materiais utilizados pela ICC, contribuindo para o crescimento mais sustentável dessa cadeia produtiva.

3.2 Projeto como importante vetor para a utilização de materiais alternativos

A elaboração de projeto é uma atividade que além do conhecimento técnico acerca do assunto, demanda o entendimento acerca do contexto em que aquele projeto está inserido, avaliam-se as características culturais, sociais, econômicas, políticas e ambientais. Com isso, as condicionantes de projeto são sempre variáveis, não é possível a formulação de uma “receita” que funcione para todos os casos com a mesma efetividade. Da mesma forma, as necessidades e características de uma população variam com o passar do tempo e os projetistas precisam estar atentos a essas mudanças

para que as soluções de projeto adotadas estejam em harmonia com o seu contexto (BANHAM, 1971; GOROVITZ, 1993; KRUGUER, 1986; MENEZES; PASCHOARELLI, 2009).

As circunstâncias ambientais e sociais atuais do planeta exigem que o avanço econômico esteja ancorado em estratégias que tenham menor impacto ambiental e que potencializem o desenvolvimento socioeconômico da sociedade. É possível mapear o impacto ambiental causado por um produto em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matéria prima até o seu descarte. Através do projeto, é possível que o desenvolvimento de um produto seja mais eficiente a cada etapa de produção, pois as informações acerca do seu impacto ambiental são avaliadas para cada uma delas e o projetista pode optar por materiais e processos com melhor desempenho ambiental, além de avaliar as implicações socioeconômicas inerentes a essa escolha. Ademais, são delimitadas estratégias de otimização dos processos, para que as atividades produtivas sejam realizadas com maior desempenho e menor desperdício. De acordo com Krucken (2009), o designer pode contribuir com a valorização dos produtos locais de três formas, (a) através da promoção da qualidade dos produtos, territórios e processos de fabricação, (b) promovendo a comunicação e aproximação entre consumidores e produtores, e (c) apoiando o desenvolvimento de arranjos produtivos e cadeia de valor sustentáveis.

No caso dos projetos de arquitetura e engenharia, o déficit habitacional resultante da Revolução Industrial e pela I e II Guerra Mundial direcionou a elaboração de projetos para atender a uma alta demanda por habitações de forma rápida e barata (BRUNA, 1976). Na atualidade, apesar do cenário totalmente diferente, ainda se procuram alternativas para a construção de edifícios que alcancem uma alta produtividade com redução de custos, mas, com o intuito de que a ICC se torne cada vez mais lucrativa. Em contrapartida, as discussões mais recentes acerca do desenvolvimento sustentável buscam tornar esse processo menos danoso ao meio ambiente e à população. As soluções para redução do consumo de energia e melhoria do conforto ambiental das edificações se destaca nesse contexto, mas com o foco voltado para certificações relativas ao consumo energético e à gestão do edifício. A esfera social inerente ao desenvolvimento sustentável é, muitas vezes, esquecida pelo setor. De maneira geral, a busca por estratégias que sejam ecologicamente eficientes não está associada ao avanço socioeconômico da sociedade, e favorece economicamente um seletivo grupo de pessoas (SACHS, 2008, 2009).

Ainda de acordo com Sachs (2008), o desenvolvimento deve ser pensado do micro para o macro, ou seja, devem ser elaboradas estratégias locais, que atuem sobre as necessidades e

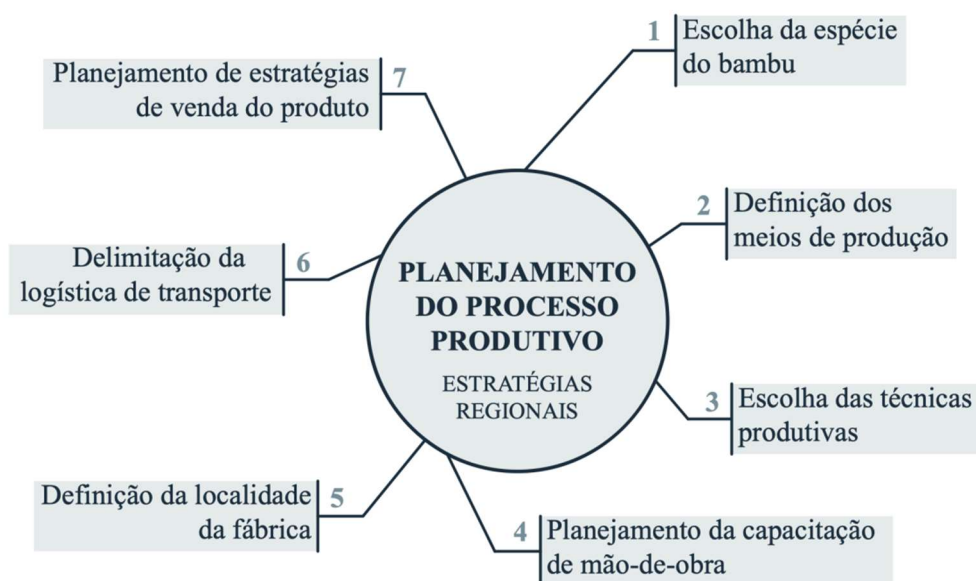
potencialidades daquela comunidade, assim é possível que os municípios e estados se desenvolvam de maneira peculiar sem que sejam aplicadas políticas “padrão” que podem até fazer efeito no primeiro momento mas não a longo prazo. Dessa forma é possível alcançar um desenvolvimento sustentável de fato, sem uma predefinição do que funciona ou não funciona, ou a padronização de iniciativas de desenvolvimento. Sendo assim, entende-se que o design possui um potencial transformador dos cursos de desenvolvimento que temos em nosso país, sendo um agente de indução de um desenvolvimento “de dentro para fora” onde busca-se o fortalecimento social local, para então ser possível alcançar maiores níveis de desenvolvimento. Segundo Manzini (2008), o caminho até a sustentabilidade é formado por um processo de aprendizagem social com a gradativa redução do consumo e regeneração do ambiente físico e social. Nesse processo, deve-se melhorar a qualidade de vida e bem-estar da população, sem que ocorra a imposição de novos hábitos e costumes culturais, ou uma total ruptura com a identidade da comunidade. Através do design é possível criar um sistema sociotécnico sustentável, com soluções sustentáveis, que formam um sistema coerente de produtos e serviços, que, para serem eficientes, devem ser comunicados à população de maneira clara e com alcance amplo.

A utilização de componentes construtivos em BaLC é uma oportunidade promissora de desenvolvimento sustentável para a ICC nacional. O incremento dessa atividade industrial no país pode ser considerado uma ruptura com os tradicionais meios de produção existentes, especialmente na ICC, que parece estar aprisionada a utilização de materiais industrializados que causam enorme degradação ambiental. A industrialização do bambu pode contribuir significativamente para o crescimento socioeconômico da população brasileira, mas, apesar da evidente oportunidade de contribuição dos designers, dos arquitetos e dos engenheiros, é necessária a união de esforços de diferentes atores para impulsionar essa atividade, como o apoio de políticas públicas consistentes e da iniciativa privada.

A elaboração de uma cadeia produtiva para produção de chapas de BaLC pode ser uma estratégia de desenvolvimento local interessante para diversas localidades do Brasil. O projeto da placa de BaLC inicia-se pela elaboração do planejamento de todo o processo produtivo, que considera: (a) a definição do produto e a escolha da espécie de bambu, que tenha características promissoras para o processamento industrial e seja adequada para a região; (b) a definição dos meios produtivos, a partir da disponibilidade de ferramentas e de maquinário; (c) as técnicas que devem ser aplicadas, de acordo com os instrumentos escolhidos; (d) o planejamento da capacitação de mão de obra específica para o processo produtivo proposto; (e) a definição da localidade da fábrica priorizando a relação plantação-fábrica e fábrica-centros de distribuição; (f) a logística de transporte,

do colmo para a fábrica e da fábrica para os centros de distribuição; e, por fim, (g) as estratégias de venda do produto. Após a delimitação do processo produtivo adequado a região escolhida, inicia-se o desenvolvimento do produto, de fato. Essa fase define as características da placa de acordo com a viabilidade determinada pelo planejamento do processo produtivo, a necessidade do mercado relativa ao produto, as normas técnicas cabíveis e o seu desempenho esperado (ALMEIDA, 2017; BARELLI, 2009; PEREIRA; BERALDO, 2016).

Figura 28 - Etapas do planejamento do processo produtivo do BaLC



Fonte: autora, 2021

A etapa do planejamento do processo produtivo que define as estratégias para a venda das placas de BaLC deve contar com o desenvolvimento de seminários e de reuniões com designers que atuam no desenvolvimento de componentes construtivos, pois esses profissionais que irão realizar as escolhas de materiais relativos ao produto que será desenvolvido. A capacitação desses profissionais e o incentivo para a utilização do laminado de bambu são fatores determinantes para que a demanda por esse material aumente e se torne significativa no mercado. Ainda nessa etapa, a ação com as indústrias de componentes construtivos deve enfatizar a aplicabilidade e a eficácia desse material, além de destacar as características ecologicamente corretas e o potencial de desenvolvimento socioeconômico local decorrente da escolha do BaLC como insumo de sua produção. Além disso, a adoção do BaLC pode contribuir com o marketing da indústria, acerca da sustentabilidade em seu processo produtivo, e agregar valor ao produto final perante o consumidor.

O interesse das indústrias de componentes construtivos em adotar materiais sustentáveis é gerado pela pressão social, para que as indústrias, de maneira geral, adotem processos produtivos

com menor impacto ambiental. Apesar disso, é necessário que exista mercado para esses produtos, pois a adoção de materiais e de processos mais sustentáveis não garante a sua comercialização. Nesse caso, cabe aos projetistas, aos arquitetos e aos engenheiros criarem demanda para a utilização desses produtos, através da especificação técnica desses em projetos. A indicação para a utilização de um componente construtivo em material não-convencional não deve estar restrita aos projetos em que se deseja atingir algum nível de sustentabilidade. Ao contrário, a utilização desses materiais deve ser popularizada como um equivalente aos produtos comumente utilizados nesse setor, mas com a vantagem de ser um material com características ecologicamente corretas e que promove o desenvolvimento socioeconômico do país. Nesse sentido, a elaboração de projetos tem o poder de contribuir para o crescimento sustentável da construção civil, através da indicação de produtos mais sustentáveis e do convencimento do consumidor acerca da qualidade técnica do produto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação teve como principal objetivo estudar as contribuições da industrialização do bambu, especialmente do laminado colado, para a sustentabilidade da construção civil no Brasil considerando-se as relações entre o projeto e a elaboração de produtos. Para isto, a pesquisa foi iniciada com a elaboração de uma revisão de literatura, que aborda o desenvolvimento sustentável na construção civil, o bambu e seu processo de industrialização e, por fim, as atribuições do projeto e da pesquisa na Indústria da Construção Civil (ICC), a fim de explicar os principais conceitos que fazem parte da temática abordada.

O processo analítico do trabalho adotou o método de pesquisa analítico-exploratório, com abordagem qualitativa, e segmentou a análise em duas categorias: (a) sustentabilidade socioambiental e desenvolvimento socioeconômico, e (b) o projeto para a produtividade e diversificação e qualidade dos produtos.

Em primeiro lugar, quanto a conjuntura da atividade no país, o estudo constatou que o desenvolvimento da industrialização do bambu no Brasil é incipiente, pois está diretamente ligado à necessidade de implementação de plantações comerciais, com técnicas de cultivo e de manejo voltadas para esse fim.

Além disso, evidenciou-se que uma das medidas que poderá impulsionar tal desenvolvimento compreende a incorporação dos produtos que utilizam o bambu industrializado à uma cadeia produtiva existente, trata-se da ampliação da utilização do bambu industrializado no Brasil, visto que é mais simples acrescentar itens à uma estrutura pré-existente do que iniciar o processo de formatação de uma nova cadeia produtiva.

Contatou-se, ainda, que o país dispõe de uma Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e à Cultura do Bambu (PNMCB) e de outras leis municipais e estaduais voltadas para o fomento à cultura do bambu, entretanto, é necessário que ocorra um planejamento de ações governamentais e não-governamentais, sob a forma de programas específicos, voltadas para o incentivo à produção industrial desse vegetal, com políticas públicas, incentivos e investimentos financeiros e técnicos que atuem diretamente e simultaneamente sobre a produção rural, a produção industrial, a comercialização e o consumo.

Em segundo lugar, quanto à sustentabilidade ambiental e socioeconômica, através da análise de modelos de cadeia produtiva do bambu industrializado no Brasil, é possível identificar claramente as diversas oportunidades que o incentivo à industrialização deste vegetal pode trazer do ponto de vista socioeconômico, considerando, principalmente, que a maioria dos nichos expostos no sistema serão criados.

O acréscimo do bambu na indústria da construção civil tem um grande potencial na geração de empregos e de renda, além da movimentação e da diversificação da economia. A industrialização do bambu conduz ações desde o meio rural, ligado às atividades de cultivo e de manejo do vegetal, até as atividades ligadas ao projeto dos produtos, à produção na fábrica e, posteriormente, à comercialização dos produtos.

Ademais, é importante ressaltar que a industrialização do bambu não impede seu uso artesanal, pois as atividades manuais ligadas a essa planta continuam em paralelo ao seu processo industrial. Outrossim, a industrialização do bambu é considerada de baixo impacto ambiental, visto que as plantações de bambu contribuem para o sequestro de carbono e para a proteção do solo, além do processo industrial gerar resíduos biodegradáveis. Por isso, essa atividade tem o potencial de se tornar um marco quanto à adoção de processos industriais de baixo impacto ambiental pelo setor industrial nacional.

E, finalmente, quanto ao papel das atividades de ensino, pesquisa e de projeto, observou-se que a industrialização do bambu possibilita que o desenho dos produtos esteja alinhado à produção industrial, considerando a capacidade produtiva das máquinas, sem perder o valor artístico-cultural que a produção artesanal de objetos em bambu possui como característica, e o valor técnico que o projeto agrega à funcionalidade e à qualidade do produto.

A partir do projeto (desenho industrial), é possível sistematizar a produção de peças, assim como racionalizar e aperfeiçoar os processos produtivos, contribuindo para diminuição de desperdícios e aumento da produtividade. Considerando o universo da arquitetura, da engenharia e do desenho industrial, é possível afirmar que o projeto atua como um propulsor da produção, gerando demanda para utilização desse tipo de material, ou seja, quanto mais os profissionais fizerem uso do BaLC, seja em projetos de produtos, de mobiliário, de componentes estruturais ou de edificações, maior será a necessidade de produzir este material. Além disso, o setor de P&D nacional tem aberto várias opções acerca da utilização do bambu industrializado.

Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de que as grades curriculares dos cursos, universitários e técnicos, abordem e incentivem a aplicação do bambu industrializado, bem como de outros materiais não-convencionais. Dessa forma, é possível que os profissionais estejam capacitados a especificar e aplicar esse material de maneira eficiente e segura.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Manual da construção industrializada: conceitos e etapas**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2015. v. 1
- AFONSO, D. G.; SILVA, Z. A. G. P. G. Bambu nativo: alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o estado do Acre. *In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia***. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 290–306.
- ALMEIDA, J. G. A Política Nacional do Manejo e Cultivo do Bambu (PNMCCB): Análise dos impasses e perspectivas da Lei Federal 12.484/2011 em face da realidade. *In:* , 2015, Goiânia. (A. A. Teixeira, J. G. de Almeida, & J. D. Alves, Org.) **Anais do III Seminário Nacional do Bambu: Rede Brasileira do Bambu**. Goiânia: Universidade Estadual de Goiás, 2015. p. 208–217.
- ALMEIDA, J. G. Bambu como insumo industrial no Brasil : reflexão sobre o papel da pesquisa na produção do bambu laminado colado (BaLC). *In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia***. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 439–455. *E-book*.
- ALMEIDA, J. G. Projeto em contexto: Práticas profissionais e (Versus?) Ensino-Aprendizagem de Arquitetura e outros artefatos. **Revista Estética e Semiótica**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 1–22, 2013. Available at: <https://doi.org/10.18830/issn2238-362x.v3.n1.2013.01>
- ALMEIDA, J. G.; ALVES, J. D.; TEIXEIRA, A. A. **Anais do III Seminário Nacional do Bambu: bambu, meio ambiente e tecnologia: desafios e perspectivas**. Anápolis: Universidade de Brasília, 2016.
- ALMEIDA, J. G.; MAGALHÃES, A. C. T. V. **Anais do II Seminário Nacional do Bambu: Consolidação da Rede Brasileira do Bambu - RBB**. Rio Branco: Universidade de Brasília, 2010.
- ALMEIDA, J. G.; TEIXEIRA, A. A. **Anais do I Seminário Nacional do Bambu: estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.
- ALMEIDA, J. G.; VAZ, D. F. **Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais: 10 anos de história**. Brasília: Vincere Associados, 2018.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação Ambiental e Teoria Econômica: Algumas Reflexões sobre uma “Economia dos Ecossistemas”. **Revista Economia**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 3–26, 2011. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Andrade/publication/227368005_Degradacao_Ambiental_e_Teoria_Economica_Algumas_Reflexoes_sobre_uma_Economia_dos_Ecossistemas/links/00463522f5828897b7000000/Degradacao-Ambiental-e-Teoria-Economica-Algumas-Reflexoe
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.532/95: Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura**. Rio de Janeiro: [s. n.], 1995.
- BANHAM, R. **Teoría y diseño arquitectónico en la era de la máquina**. 1. ed. Buenos Aires: Nueva Visión S. A., 1971.
- BARBOSA, N. P. **Considerações sobre materiais de construção convencionais e não convencionais**. João Pessoa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2005.

BARELLI, B. G. P. **Design para sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 152 f. 2009. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

BARROS, B. R.; SOUZA, F. A. M. Bambu : Alternativa construtiva de baixo impacto ambiental. *In:* , 2004, São Paulo. **Anais da I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo: [s. n.], 2004. p. 12.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. Bambu Laminado Colado (BLC). **Revista Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 36–46, 2003.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **A Sustentabilidade na cadeia produtiva da Indústria da Construção**. 248 f. 2004. Tese de Doutorado - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

BORGES, C. A. de M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 263 f. 2008. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Available at: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7274>

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.484, de 8 de setembro de 2011**. Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2011.

BRASIL. **Requerimento nº 142, de 2020**. Requer registro da Frente Parlamentar Mista em “Apoio ao Bambu”- Frente do Bambu. Brasília: Câmara dos Deputados, 2020.

BRASIL; CHINA. **Memorando de entendimento**. Sobre cooperação bilateral em Ciência e Tecnologia na área de desenvolvimento em bambu. Ministério da Ciência e Tecnologia da República Popular da China Ministério da Ciência e Tecnologia da República Federativa do Brasil, 2011.

BROADBENT, G. **Design in architecture: architecture and the human sciences**. 2. ed. London: Davis Fulton, 1988.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BUARQUE, S. C. **Construindo o desenvolvimento local sustentável**. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO₂ referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91–108, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400187>

CARBONARI, G.; LIBRELOTTO, L. I. Tratamento e preservação dos colmos. *In: OSTAPIV, F.; LIBRELOTTO, L. I. (org.). Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil*. Florianópolis: Grupo de pesquisa Virtuhab/UFSC, 2019. p. 115–126.

CHANG, F. *et al.* Environmental benefit of utilizing bamboo material based on life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 204, p. 60–69, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.248>

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 70 f. 2009. Monografia de Especialização - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CORTÉS, L. F. B. **Manual de industrialización del bambu**. Argentina: [s. n.], 2004.

CÔRTEZ, R. G. *et al.* Contribuições para a Sustentabilidade na Construção Civil. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 6, n. 3, p. 384–397, 2011. Available at: <https://doi.org/10.7177/sg.2011.v6.n3.a10>

COSTA, D. D.; NASCIMENTO, P. T. de S. A gestão do desenvolvimento de produtos na Indústria de Materiais de Construção. **RAC**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 1–24, 2011.

COSTA, R. de S. M. **O Bambu: potencialidades técnicas e sociais e a políticas de incentivo ao manejo sustentado**. 144 f. 2014. - Universidade Federal Fluminense, [s. l.], 2014.

CUSAK, V. **Bamboo World : The growing and use of clumping bamboo**. Australia: Kangaroo Press, 1999.

DALY, H. E. Economics in a full world. **IEEE Engineering Management Review**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 21, 2005. Available at: <https://doi.org/10.1109/EMR.2005.27010>

DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. **World Social Report 2020**. [S. l.: s. n.], 2020. Available at: <https://doi.org/10.18356/7f5d0efc-en>.

DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. *E-book*.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, Berkeley, v. 36, n. 2, p. 90–100, 1994.

FERREIRA, L. M. C. **Design de móveis e Bambu Laminado Colado: consideração ao tratamento térmico e às características físicas e mecânicas com vistas ao projeto de produtos**. 195 f. 2014. Dissertação de mestrado - Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. A Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (POACEAE). **Bamboo Science and Culture**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 7–18, 2004.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. Bambus nativos no Brasil: Oportunidades e desafios para seu conhecimento. *In:* , 2011, Brasília. (Jaime Gonçalves de Almeida & A. A. Teixeira, Org.) **Anais do I Seminário Nacional do Bambu: Estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. p. 33–42.

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. *In:* DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 10–27.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P. Capítulo 48: Bambu. *In*: ISAIA, G. C. (org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2017.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 51–81, 2006.

GOROVITZ, M. Objeto em si e para si. *In*: OS RISCOS DO PROJETO: CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DO JUÍZO ESTÉTICO NA ARQUITETURA. São Paulo: Studio Nobel, 1993. p. 95–122.

GRAÇA, V. L. **Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2. ed. São Paulo: Ícone Editora LTDA, 1992.

GUILHERME, D. de O.; RIBEIRO, N. P.; CEREDA, M. P. Cultivo, manejo e colheita do bambu. *In*: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 28–41.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo the Gift of the Gods**. Bogota, Colombia: D’Vinni Ltda, 2003.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bambu su cultivo y aplicaciones en: fabricacion de papel, construccion, arquitectura e ingenieria**. Colombia: Estudios Tecnicos Colombianos LTDA., 1974.

HUB BAMBOO. **Entrevista com Paulo Foggiano para o hubbamboocast**. [S. l.], 2018. Available at: <https://hubbamboo.com/entrevista-paulo-foggiano-designer-da-ore-brasil/>. Acesso em: 10 dez. 2020.

IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2020. *E-book*.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. Product development decisions: a review of the literature. **Management Science**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 1–21, 2001.

KRÜGER, P. G. **Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica**. 167 f. 2000. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.

KRUGUER, M. J. T. **Teorias e analogias em arquitetura**. 1. ed. São Paulo: Projeto, 1986.

LANDIM, P. da C. **Design, empresa, sociedade**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

LAPO, L. E. R.; BERALDO, A. L. Pasted Bamboo Laminate (PBL). **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 165–177, 2008.

LEON, E. **IAC: primeira Escola de Design do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2014.

LI, J.; YUAN, Y.; GUAN, X. Assessing the Environmental Impacts of Glued- Laminated Bamboo Based on a Life Cycle Assessment. **BioResources**, Raleigh, v. 11, n. 1, p. 1941–1950, 2016.

LIESE, W. A preservação do colmo de bambu com relação à sua estrutura. *In*: , 2004, Colombia. **Simpósio Internacional Guadua**. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2004.

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. China: International Network for Bamboo and Rattan, 1998.

LIMA, A. L. *et al.* Potencial de produção sustentável a partir de bambus brasileiros: energia, biocombustíveis e matérias-primas. *In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da Biologia à Tecnologia***. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 601–625.

LIMA, D. do N.; AFONSO, D. G.; PONTES, S. M. de A. Análise da viabilidade técnica estrutural de painéis compensados de Bambu Laminado Colado da espécie *Guadua Weberbaueri*. *In:* , 2015, Goiânia. (A. A. Teixeira, J. G. de Almeida, & J. D. Alves, Org.) **Anais do III Seminário Nacional do Bambu: Rede Brasileira do Bambu**. Goiânia: Universidade Estadual de Goiás, 2015. p. 239–249.

LIMA JÚNIOR, H. C.; DIAS, A. A. Vigas mistas de madeira de reflorestamento e bambu laminado colado: análise teórica e experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 519–524, 2001. Available at: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000300025>
LONDOÑO, X. Distribuição, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos de los bambues de lo Nuevo Mundo. *In:* , 2004, Popayan. **Anais do III Congreso Colombiano de Botânica**. Popayan: [s. n.], 2004. p. 25.

LONDOÑO, X. El bambú en Colombia. **Biotecnología Vegetal**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 143–154, 2011.

LONDOÑO, X. Evaluation of bamboo resources in latin america. **International Network for Bamboo and Rattan INBAR**, [s. l.], v. 35, n. 96, p. 30, 2001.

LOUREDO, J. M. Painéis acústicos em bambu: propriedades mecânicas e acústicas de painéis aglomerados biocompósitos produzidos a partir de bambu e ácido cítrico. **FLEPS 2019 - IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems, Proceedings**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1–46, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.125084>

LUIS, Z. G. *et al.* Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu. *In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia***. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 42–59.

MAHDAVI, M.; CLOUSTON, P. L.; ARWADE, S. R. A low-technology approach toward fabrication of Laminated Bamboo Lumber. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 29, p. 257–262, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.046>

MAHDAVI, M.; CLOUSTON, P. L.; ARWADE, S. R. Development of Laminated Bamboo Lumber: review of processing , performance , and economical considerations. **Journal of Materials in Civil Engineering**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1036–1043, 2011. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533)

MANFREDINI, C.; SATTLER, M. A. Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 23–37, 2008.

MARÇAL, V. H. S. **Uso Do Bambu Na Construção Civil**. 60 f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARQUES, S. B.; BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. de. Políticas públicas em prol da sustentabilidade na construção civil em municípios brasileiros. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 186–196, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.sup11.ao10>

MASCARÓ, J. L. Influência da forma da planta no custo total do edifício. *In: O custo das decisões arquitetônicas*. São Paulo: Nobel, 1985. p. 11–27.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 75–95, 2012. Available at: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v3n1.2012.7199>

MENEZES, M. dos S.; PASCHOARELLI, L. C. (org.). **Design e planejamento: aspectos tecnológicos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Available at: <https://doi.org/10.7476/9788579830426>

MESEGUER, A. G. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: SIDUSCON, 1991.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria, v. 16, p. 22–41, 2004.

MINAS GERAIS. **Lei nº 15.951 de 28 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre a política estadual de incentivo à cultura do bambu e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa, 2005.

MOIZÉS, F. A. **Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de design em Bauru, São Paulo**. 116 f. 2007. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-graduação em Desenho Industrial, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

MORAES, D. **Limites do Design**. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade na construção civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**. 122 f. 2009. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Available at: <http://hdl.handle.net/1843/ISMS-842G7C>

NATIONAL MISSION ON BAMBOO APPLICATIONS - NMBA. **Bamboo flooring, market assessment**. Nova Delhi: [s. n.], 2004.

NOGUEIRA, J. S. *et al.* Micropropagação de bambu em larga-escala: princípios, estratégias e desafios. *In: DRUMOND, P.; WIEDMAN, G. (org.). Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 103–129.

OLIVEIRA, G. F. de *et al.* Glued Laminated Bamboo and timber association: laboratory testing of industrialized products. *In: , 2017. 17th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies “Construction for Sustainability Green Composite Materials & Technologies” (17th NOCMAT 2017 Mexico)*. [S. l.: s. n.], 2017. p. 9.

OLIVEIRA, L. R. de *et al.* Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Producao**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 70–82, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000062>

OLIVEIRA, R. P. de; LONGHI-WAGNER, H. M.; JARDIM, J. G. Diversidade e conservação dos bambus herbáceos (Poaceae: Bambusoideae: Olyreae) da Mata Atlântica, Brasil. *In:* , 2006, Brasília. (Jaime Gonçalves de Almeida & A. A. Teixeira, Org.) **Anais do I Seminário Nacional de Bambu**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006. p. 62–68.

ORTHEY, A. L. **Uso do bambu industrializado no Brasil e sua aplicação no design de móveis: estudo de caso da empresa Oré Brasil**. 130 f. 2015. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Available at: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/40910>

OSTAPIV, F.; FAGUNDES, E. D. Perspectivas para o desenvolvimento da cultura e da cadeia produtiva do bambu no Paraná: tendo como referência a inovação, a educação tecnológica e o modelo produtivo chinês. **Athena - Revista Científica de Educação**, Curitiba, v. 9, p. 41–53, 2008.

OSTAPIV, F.; LIBRELOTTO, L. I. (org.). **Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. 1. ed. Florianópolis: Grupo de pesquisa Virtuhab/UFSC, 2019.

PAES, J. B. *et al.* Caracterização físico-mecânica do laminado colado de bambu (*Dendrocalamus giganteus*). **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 41–51, 2009. Available at: <https://doi.org/10.5902/19805098418>

PATURY, M. D. A.; ALMEIDA, J. G. De; ZANONI, V. A. G. A Bus Stop: Industrialized Construction in Glued Laminated Bamboo and Timber (Flex Material). *In:* , 2018, Mérida. **Non-Conventional Materials and Technologies**. Mérida: [s. n.], 2018. p. 359–365. Available at: <https://doi.org/10.21741/9781945291838-33>

PEIXOTO, L. K. O potencial construtivo do bambu e as vantagens do laminado colado a partir deste insumo. *In:* , 2010, Rio Branco. (A. C. T. V Magalhães & J. G. de Almeida, Org.) **Anais do II Seminário Nacional do Bambu: consolidação da Rede Brasileira do Bambu - RBB**. Rio Branco: Universidade de Brasília, 2010. p. 120–142.

PEREIRA, M. A. R.; BERBALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2. ed. Bauru, SP: Canal 6 Editora, 2016.

RADAIK, C. E. **Cadeia Produtiva Do Bambu Como Material Construtivo E Sua Aplicação** : 185 f. 2018. - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

REGHIN FILHO, J. R.; CALLEFI, M. H. B. M.; MIOTTO, J. L. Produção artesanal e sustentável de bambu laminado colado. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 5, n. 35, p. 1–12, 2017. Available at: <https://doi.org/10.17271/2318847253520171621>

RESTREPO, A.; BECERRA, R.; TIBAQUIRÁ, J. E. G. Energetic and carbon footprint analysis in manufacturing process of bamboo boards in Colombia. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 126, p. 563–571, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.144>

REYNOLDS, T. P. S. *et al.* Fracture of laminated bamboo and the influence of preservative treatments. **Composites Part B**, [s. l.], v. 174, n. June, p. 107017, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107017>

RIBAS JUNIOR, O. T. **Ferramenta para monitoramento e controle de informações sobre Cadeias Produtivas**. 131 f. 2003. - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RODRIGUES, R. Bambu: o “aço verde” que pode revolucionar o campo. **Revista Novo Rural**, Erechim, v. 40, p. 18–20, 2020.

ROSA, R. A. **Caracterização do Bambu Laminado Colado como alternativa tecnológica industrial**. 90 f. 2013. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

RUSCH, F. *et al.* Physical-mechanical properties of laminated bamboo panels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s. l.], v. 49, p. 1–8, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4953714>

SÁ, B. G. B. **Acústica de salas e Bambu Laminado Colado: ensaio de painéis para condicionamento acústico**. 186 f. 2014. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SACHS, I. **Desenvolvimento: incluyente, sustentável e sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SANTOS, A. Níveis de maturidade do design sustentável na dimensão ambiental. *In*: MORAES, D. de; KRUCKEN, L. (org.). **Cadernos de estudos avançados em Design: Sustentabilidade I**. Barbacena, MG: EdUMG, 2009. p. 15–26.

SANTOS, C. dos; MENEZES, M. dos S. Design para micro e pequena empresa: o desenho como abordagem do projeto. *In*: MENEZES, M. dos S.; PASCHOARELLI, L. C. (org.). **Design e planejamento: aspectos tecnológicos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 93–106.

SARTORI, E. de M. Bambu como insumo no processo industrial de pré-moldados para Construção Civil. *In*: , 2011, Brasília. (Jaime Gonçalves de Almeida & A. A. Teixeira, Org.) **Anais do I Seminário Nacional do Bambu: Estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. p. 143–150.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Guia de Financiamento Florestal**. Brasília: Minintério do Meio Ambiente, 2016. *E-book*.

SILVA, R. M. C. **Caracterização do Taquaruçu (Guadua fp.) e do seu ambiente de ocorrência na Bacia do Rio Crixás-Açu, Goiás, Brasil**. 81 f. 2005. - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2005.

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. de P. L. Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 309–326, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000300283>

SZÜCS, C. A. *et al.* Bambu Laminado Colado para a fabricação de móveis em Santa Catarina. *In*: , 2010, Rio Branco. (Ana Cristina Tinôco V Magalhães & J. G. Almeida, Org.) **Anais do II Seminário Nacional do Bambu: consolidação da Rede Brasileira do Bambu - RBB**. Rio Branco: Universidade de Brasília, 2010. p. 143–154.

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: Avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa**. 177 f. 2006. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-

Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

VASCONCELOS, R. L.; NUDEL, M.; PIRRÓ, L. A importância da inserção dos conceitos de sustentabilidade no currículo das escolas de arquitetura no Brasil para a formação das novas gerações de arquitetos. *In:* , 2006, Florianópolis. **Anais do XXI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído**. Florianópolis: [s. n.], 2006. p. 3885–3893.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future ('The Brundtland Report'): World Commission on Environment and Development**. [S. l.: s. n.], 1987. Available at: https://doi.org/10.9774/gleaf.978-1-907643-44-6_12.

XIAO, Y.; YANG, R. Z.; SHAN, B. Production, environmental impact and mechanical properties of glubam. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 44, p. 765–773, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.087>

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V; NÄÄS, I. A. Sustentabilidade na Construção Civil. *In:* , 2011, São Paulo. (B. F. Giannetti, C. M. V. B. de Almeida, & S. H. Bonilla, Org.) **Proceedings of the 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production**. São Paulo: Advances in cleaner production, 2011. p. 10. Available at: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/8/Yemal_JA - Paper - 6B8.pdf

ZEA ESCAMILLA, E.; HABERT, G. Environmental impacts of bamboo-based construction materials representing global production diversity. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 69, p. 117–127, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.067>