



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação

Programa de Pós Graduação em Design

**METODOLOGIA DE CURVATURA DE BAMBU
LAMINADO COLADO (BLAC) PARA FABRICAÇÃO
DE MOBILIÁRIO – DIRETRIZES PARA O DESIGN**

Bruno Perazzelli Farias Ramos

Bauru - 2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação

Programa de Pós Graduação em Design

**METODOLOGIA DE CURVATURA DE BAMBU
LAMINADO COLADO (BLAC) PARA FABRICAÇÃO
DE MOBILIÁRIO – DIRETRIZES PARA O DESIGN**

Bruno Perazzelli Farias Ramos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, linha de pesquisa de Planejamento de Produto, sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira.

Bauru - 2014

Ramos, Bruno Perazzelli Farias.

Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLaC) para fabricação de mobiliário - diretrizes para o design / Bruno Perazzelli Farias Ramos, 2014
114 f. : il.

Orientador: Marco Antonio dos Reis Pereira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014

1. Design. 2. Bambu laminado colado curvo. 3. Moldes. 4. Diretrizes metodológicas. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Orientador

Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Prof. Dr. Tomas Queiroz Ferreira Barata
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE BRUNO PERAZZELLI FARIAS RAMOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DO(A) FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICACAO DE BAURU.

Aos 31 dias do mês de março do ano de 2014, às 14:00 horas, no(a) Sala de Reuniões da Secretaria de Pós-Graduação - FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS R PEREIRA do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOSÉ CARLOS PLÁCIDO DA SILVA do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicacao de Bauru, Prof. Dr. ANTONIO LUDOVICO BERALDO do(a) Departamento de Construções Rurais / Universidade Estadual de Campinas, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de BRUNO PERAZZELLI FARIAS RAMOS, intitulado "METODOLOGIA DE CURVATURA DE BAMBU LAMINADO COLADO (BLAC) PARA FABRICAÇÃO DE MOBILIÁRIO - DIRETRIZES PARA O DESIGN". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS R PEREIRA

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS PLÁCIDO DA SILVA

Prof. Dr. ANTONIO LUDOVICO BERALDO

Dedico esta dissertação
à minha mãe, Odete.

Agradecimentos

À minha família, pelo apoio e incentivo constantes.

Aos professores membros da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Milton Nakata, pela experiência compartilhada durante o estágio docente.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Design – FAAC - UNESP.

À CAPES e ao PPGDesign, pela bolsa de pesquisa.

À J.R.Pengo, pela doação do adesivo de Poliuretano de Óleo de Mamona.

Aos colegas do mestrado, em especial ao Flávio, pelos trabalhos e amizade desenvolvida.

Agradeço principalmente ao meu orientador o Prof. Dr. Marco Pereira, pela confiança em mim depositada, desde a graduação, e por me guiar durante todos estes anos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação e a realização da minha pós-graduação.

Resumo

Com a crescente escassez da oferta de madeira e a busca constante pela criação de produtos ecologicamente corretos, o bambu vem atraindo cada vez mais atenção como matéria-prima renovável para o desenvolvimento de mobiliário. Sendo um material amplamente explorado em países orientais, onde apresenta uma ampla gama de usos, é ainda pouco conhecido e utilizado em nosso meio, necessitando de mais estudos para seu desenvolvimento adequado. Para a confecção de mobiliário em Bambu Laminado Colado (BLaC) observa-se a necessidade da produção de peças curvas que possam contribuir com novas possibilidades de criação na área, porém, a literatura pouco informa sobre métodos utilizados para sua confecção e utilização de moldes para este fim. Esta pesquisa tem por objetivo desenvolver uma metodologia adequada para o processo de curvatura de peças de BLaC através da utilização de moldes aquecidos. Para tal, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica a cerca dos temas design, sustentabilidade, bambu e técnicas de curvatura de bambu laminado e também de madeira laminada, já que as informações sobre o curvatura de BLaC são muito escassas e a madeira laminada é o material mais próximo que pode ser usado como referência. Após a revisão bibliográfica, foi realizada a colheita do bambu, processamento dos colmos e laminação, também foram confeccionados moldes do tipo macho-fêmea, e um sistema de aquecimento elétrico para os moldes. Experimentos de colagem e prensagem de peças de BLaC curvo foram realizados e as peças geradas foram analisadas através de gabaritos comparativos com o intuito de verificar a consistência dos resultados obtidos, a variação do retorno elástico (*springback*) ocorrido nas peças e a eficiência do método utilizado. Ao final do processo, definiu-se diretrizes metodológicas que permitem o desenvolvimento tecnológico da geração de peças curvas em BLaC e ampliam as possibilidades da utilização do bambu como material para a confecção de mobiliário.

Palavras-chave: design, bambu laminado colado curvo, moldes, diretrizes metodológicas

Abstract

With the growing shortage of wood supply and the constant research to create environmentally friendly products, bamboo has been attracting increasing attention as a renewable raw material for the development of furniture. Being a material widely exploited in Eastern countries, where it presents a wide range of uses, it is still unfamiliar and rarely used in our country, requiring further studies for their proper development. For the manufacture of furniture with Glued Laminated Bamboo (GLB) it is noticed the necessity of producing curved pieces that can contribute with new possibilities in the area, however, there is few literature about methods of making and using molds for this end. This research aims to develop a suitable methodology for the process of bending GLB pieces using heated molds. To this end, first of all, a literature review was conducted about design issues, sustainability, bamboo, bamboo bending techniques and also laminate wood bending, since the information about the GLB bending are very scarce and laminated wood is the most similar material that can be used as reference. After the literature review, the harvesting of bamboo, the processing of the bamboo culms and the lamination, molds of the male-female type were made and an electric heating system for the molds was also developed. Experiments of gluing and pressing of the pieces of bended GLB were made and the pieces produced were analyzed by comparative templates with the objective of verifying the consistency of the results obtained, the variation of springback that occurred in the GLB pieces and the efficiency of the method used. At the end of the process, methodological guidelines were defined, that allows the technological development of the generation of curved pieces of GLB and extends the possibilities of the use of bamboo as a material for furniture making.

Keywords: design, glued laminated bamboo bending, molds, methodological guidelines

Lista de Figuras

Figura 1. Ciclo de vida do produto.....	22
Figura 2. Estratégias de Life Cycle Design e fases do ciclo de vida.....	23
Figura 3. Distribuição natural de bambu pelos continentes.....	27
Figura 4. Múltiplos usos das diferentes partes do bambu.....	28
Figura 5. Uso dos colmos do bambu segundo sua idade.....	29
Figura 6. Mapa com o potencial de riqueza de espécies de bambu da tribo Bambuseae nas Américas.....	32
Figura 7. Estrutura básica do bambu.....	33
Figura 8. Estrutura dos bambus do tipo paquimorfo e leptomorfo.....	34
Figura 9. Morfologia do nó e diferentes espessuras de paredes.....	34
Figura 10. Distribuição anatômica das fibras do bambu.....	35
Figuras 11 a 13. <i>Guadua angustifolia</i>	38
Figuras 14 a 16. <i>Phyllostachys pubescens</i>	39
Figuras 17 a 19. <i>Dendrocalamus giganteus</i>	40
Figuras 20 a 22. <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	41
Figuras 23 a 25. <i>Dendrocalamus asper</i>	42
Figura 26. Obtenção do folheado de bambu por rotação e por corte.....	46
Figura 27. Etapas do processamento do bambu.....	46
Figura 28. Tipos de colagem plana de BLaC.....	47
Figura 29. Amostra de um assento de BLaC curvo feito com folheado de bambu.....	49
Figura 30. Protótipo de cadeira de Tejo Remy e René Veenhuizen.....	49
Figura 31. Lâminas sendo prensadas, após colagem.....	50
Figura 32. Móveis em BLaC desenvolvidos por Paulo Foggiato para a empresa Oré Brasil.....	50
Figura 33. Curvatura das ripas de bambu e o banco finalizado.....	51
Figura 34. Confecção do protótipo e o modelo finalizado.....	52
Figura 35. Moldes aquecidos e mobiliário finalizado.....	52
Figura 36. Conjunto de móveis feitos por Thonet entre 1830 e 1840.....	55
Figura 37. Poltronas CIMO, 1940.....	56
Figura 38. Sofá CIMO, década de 1940.....	56
Figura 39. Cadeira Paimio, Modelo Nº41 (1930–1931), e Cadeira de braços, Modelo Nº31 (1932).....	57
Figura 40. <i>Chaise-longue</i> Nº 43 (1936).....	57
Figura 41. Cadeira de braços para a <i>Isokon Furniture Company</i> , 1936.....	58
Figura 42. Cadeira LCW, 1946.....	59
Figura 43. Cadeira Nº 670 e otomana Nº 671, 1956.....	59
Figura 44. Cadeira Grasshopper e otomana, 1946.....	60
Figura 45. Cadeira Eva e <i>chaise-longue</i> Pernilla, 1934.....	60
Figura 46. Ilustração das linhas de compressão, estiramento e o eixo neutro de peças de madeira curvadas.....	62
Figura 47. Testes de espessura da lâmina para uma determinada circunferência.....	63
Figura 48. Moldes do tipo macho, fêmea e macho-fêmea.....	66
Figura 49. Processo de prensagem com molde macho-fêmea.....	66
Figura 50. Ilustração do molde macho-fêmea com a direção da pressão aplicada no laminado.....	67
Figura 51. Figura do molde macho-fêmea segmentado.....	67
Figura 52. Moto-serra.....	72
Figura 53. Serra circular destopadeira.....	72
Figura 54. Serra circular refiladeira dupla.....	73
Figura 55. Serra circular de bancada.....	73
Figura 56. Plaina duas faces (própria para bambu).....	73
Figura 57. Tanque.....	74
Figura 58. Esquadrejadeira de Bancada.....	74
Figura 59. Serra de Fita.....	74
Figura 60. Furadeira e parafusadeira.....	75
Figura 61. Grampos e sargentos barra T.....	75
Figura 62. Paquímetro.....	75
Figura 63. Termômetro Digital.....	76
Figura 64. Balança de precisão.....	76

Figura 65. Medidor de umidade de madeira.....	76
Figura 66. <i>Dimmer</i>	77
Figura 67. Torquímetro.....	77
Figura 68. Equipamentos diversos.....	77
Figura 69. Moita de bambu gigante e detalhe da marcação das idades dos colmos.....	78
Figura 70. Colheita do colmo e retirada dos ramos laterais.....	78
Figura 71. Corte da seção do colmo em serra circular destopadeira.....	79
Figura 72. Colmos cortados nas medidas necessárias.....	80
Figura 73. Colmos sendo refilados.....	80
Figura 74. Colmo após o refilamento.....	80
Figura 75. Produto octaborato de sódio e tanque de tratamento por imersão.....	81
Figura 76. Ripas separadas manualmente.....	82
Figura 77. Detalhes de duas ripas antes e depois da retirada dos nós e diafragmas.....	82
Figura 78. Desenho técnico com as medidas dos moldes de 180° de abertura.....	83
Figura 79. Desenho técnico com as medidas dos moldes de 90° de abertura.....	84
Figura 80. Chapas de compensado e OSB.....	84
Figura 81. Confeção dos moldes.....	85
Figura 82. Prensagem dos moldes.....	85
Figura 83. Confeção dos moldes macho-fêmea	86
Figura 84. Peças para fixar as duas partes do molde e o molde sendo testado.....	86
Figura 85. Detalhe da separação entre as duas partes do molde.....	87
Figura 86. Moldes com abertura de 90° finalizados.....	87
Figura 87. Moldes com abertura de 180° finalizados.....	88
Figura 88. Resistência elétrica e fita adesiva de teflon.....	88
Figura 89. Plaina duas faces própria para bambu.....	89
Figura 90. Lâminas finalizadas.....	90
Figura 91. Teste manual da espessura das ripas.....	90
Figura 92. Itens para preparação do adesivo de óleo de mamona.....	91
Figura 93. Itens para preparação do adesivo de UF.....	91
Figura 94. Medição da umidade das lâminas.....	92
Figura 95. Materiais para aplicação dos adesivos.....	92
Figura 96. Aplicação do adesivo nas lâminas.....	93
Figura 97. Modo que deve ser evitado ao se dispor as lâminas para colagem.....	93
Figura 98. Modo recomendado de se dispor os nós das lâminas.....	94
Figura 99. Lâminas dispostas no molde.....	94
Figura 100. Torquímetro sendo utilizado e detalhe do ajuste para o torque de 30 Nm.....	95
Figura 101. Medição da temperatura do molde.....	95
Figura 102. Delineamento da peça de BLaC em papel.....	96
Figura 103. Gabarito feito a partir da peça de BLaC.....	96
Figura 104. Gabarito comparativo para análise de <i>springback</i>	97
Figura 105. Gabarito comparativo de <i>springback</i>	98
Figura 106. Detalhe com a medição da variação de <i>springback</i> de 1 mm.....	98
Figura 107. Tiras de alumínio cortadas nas medidas necessárias.....	99
Figura 108. Confeção dos dentes e dobras das tiras de alumínio.....	99
Figura 109. Furação das tiras de alumínio para fixação nos moldes e parafuso de fixação.....	100
Figura 110. Moldes de 180° de abertura finalizados.....	100
Figura 111. Moldes de 90° de abertura finalizados.....	101
Figura 112. Etapas da confecção do sistema de aquecimento.....	102
Figura 113. Terminais instalados.....	102
Figura 114. Molde finalizado com as fitas de aquecimento.....	103
Figura 115. Espessura final das lâminas utilizadas.....	103
Figura 116. Teste com lâmina contendo nó no centro da peça.....	104
Figura 117. Peças obtidas com as prensagens em cada um dos moldes, para os dois tipos de adesivos.....	105

Lista de Tabelas

Tabela 1. Cronologia dos principais acontecimentos relacionados à questão ambiental.....	18
Tabela 2. Espécies prioritárias e para uso local e comercial.....	30
Tabela 3. Distribuição dos elementos anatômicos do bambu <i>Dendrocalamus giganteus</i>	35
Tabela 4. Principais características da espécie <i>Guadua angustifolia</i>	38
Tabela 5. Principais características da espécie <i>Phyllostachys pubescens</i>	39
Tabela 6. Principais características da espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i>	40
Tabela 7. Principais características da espécie <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	41
Tabela 8. Principais características da espécie <i>Dendrocalamus asper</i>	42
Tabela 9. Principais propriedades dos adesivos e seus usos típicos.....	68
Tabela 10. Comparativo de área, produtividade e produção de mamona no Brasil.....	69
Tabela 11. Equipamentos utilizados na pesquisa.....	72
Tabela 12. Espessuras das ripas para cada medida de raio.....	103
Tabela 13. Fatores constantes.....	104
Tabela 14. Fatores variáveis.....	104
Tabela 15. Variação dos gabaritos comparativos para análise de <i>springback</i> com o adesivo PU.....	105
Tabela 16. Variação dos gabaritos comparativos para análise de <i>springback</i> com o adesivo UF.....	106

Lista de Abreviaturas

BLaC - Bambu Laminado Colado
CCB - Borato de Cobre Cromatado
CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente.
CNUDS - Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável
DfA - Design for Assembly
DfD - Design for Disassembly
DfE - Design for Environment
INBAR - International Network for Bamboo and Rattan
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change.
LCD - Life Cycle Design
MDF - Medium Density Fiber
MDI - Difenilmetano Diisocianato
MLC - Madeira Laminada Colada
NWFP - Non-Wood Forest Products
ONU - Organização das Nações Unidas
ORPAL - Oficina Regional para América Latina
OSB - Oriented Strand Board
PNF - Programa Nacional de Florestas
PNMCB - Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PU - Poliuretano
PVA - Acetato de Polivinila
SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura
SWB - Strand Woven Bamboo
UF – Ureia-Formaldeído
UNCED - United Nations Conference on Environment and Development
UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. GERAIS.....	15
1.1.2. ESPECÍFICOS.....	15
1.2. JUSTIFICATIVAS.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. SUSTENTABILIDADE.....	17
2.2. DESIGN E SUSTENTABILIDADE.....	19
2.3. BAMBU.....	24
2.3.1. Características Gerais.....	32
2.3.2. Tratamentos Preservativos.....	36
2.3.3. Espécies Utilizadas no BLaC.....	37
2.3.4. Bambu Industrializado.....	43
2.3.5. Bambu Laminado Colado.....	45
2.3.6. Incentivo ao uso do bambu no Brasil.....	53
2.4. MADEIRA LAMINADA COLADA.....	53
2.4.1. Curvatura de MLC.....	61
2.4.2. Moldes.....	65
2.4.3. Adesivos.....	68
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	72
3.1. MATERIAIS.....	72
3.1.1. Bambu Laminado Colado.....	72
3.1.2. Moldes.....	72
3.1.3. Equipamentos.....	72
3.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	77
3.2.1. Colheita.....	78
3.2.2. Processamento.....	79
3.2.3. Moldes.....	83
3.2.4. Sistema de aquecimento.....	88
3.2.5. Laminação.....	89
3.2.6. Espessuras das lâminas de bambu.....	90
3.2.7. Colagem e Prensagem.....	90
4. RESULTADOS.....	99
4.1. MOLDES.....	99
4.2. SISTEMA DE AQUECIMENTO.....	101
4.3. ESPESSURAS DAS LÂMINAS DE BAMBU.....	103
4.4. COLAGEM E PRENSAGEM.....	104
5. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES.....	107
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
GLOSSÁRIO.....	114
ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do ofício de designer, décadas já se passaram, assim como muito da profissão mudou, evoluiu e teve sua importância ampliada. Hoje, além do designer ser responsável por desenhar belos artefatos, inovadores e funcionais, teve acrescido à sua função grandes responsabilidades para com o mundo e as pessoas que aqui vivem, graças, principalmente, a um conceito muito discutido e difundido hoje em dia: a sustentabilidade.

A sustentabilidade é um conjunto de atitudes que busca transformar o modo de vida das pessoas, e consequentemente a sociedade, para que se possa viver de forma mais harmoniosa com o nosso planeta, preservando e respeitando tudo que nele reside, almejando um equilíbrio que se sustente pelas gerações futuras. O design tornou-se um campo extremamente fértil para a difusão desse conceito, pois os profissionais desta área projetam todos os artefatos que se utiliza e se descarta diariamente, afetando diretamente o estilo de vida da população e o meio ambiente.

Esta união do design com a sustentabilidade se apresenta por diversos nomes: *Ecodesign*, *Design para a Sustentabilidade*, *Design Ecológico*, *Design Sustentável*, etc., mas independentemente do nome, o conceito permanece, e o designer tem a responsabilidade de trabalhar com ele, pensando em todo o ciclo de vida dos produtos, as ideias que estão associadas a estes produtos e as mensagens que eles transmitem.

Uma matéria-prima considerada sustentável e que pode acrescentar muito ao design sustentável é o bambu. Pertencente a família das gramíneas, esta planta sempre acompanhou o ser humano durante sua evolução, servindo para inúmeros fins, desde alimentação e habitação até geração de energia e recuperação de áreas degradadas.

Encontrado principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta o bambu é largamente usado em países orientais, com destaque para a China, e além da sua utilização em plantações, na área ambiental, e na confecção de produtos com sua forma *in natura*, o uso do bambu industrializado, ou processado, também é possível. Teoricamente, qualquer produto que possa ser feito de madeira pode também ser confeccionado com o bambu processado, utilizando-se materiais como as chapas de aglomerado, compensado, *Medium Density Fiber* (MDF), *Oriented Strand Board* (OSB), compósitos de bambu e outros materiais, *Strand Woven Bamboo* (SWB) e o Bambu Laminado Colado (BLaC).

O BLaC é um material de beleza ímpar e com características físico-mecânicas excelentes, mas somente nos últimos anos tem sido encontrado no Brasil devido à importação de produtos chineses, principalmente pisos e utensílios domésticos, e pela iniciativa de algumas poucas empresas brasileiras. Assim como o fato do BLaC ser pouco explorado comercialmente em nosso país, pesquisas e estudos relacionados ao mesmo também são pouco encontradas, o que demonstra a necessidade de se estudar esse material, analisar suas características e explorar suas potencialidades.

Um derivado do bambu que tem grande potencial, porém ainda é pouquíssimo explorado em nosso país é o BLaC curvo. Composto por lâminas de bambu coladas paralelamente e deformadas pela ação de moldes, o BLaC curvo pode ser um substituto da madeira, ou até de outros materiais, na confecção de mobiliário, além de agregar valor e alterar a imagem comum que se tem dos móveis de bambu, geralmente feitos a partir de bambu *in natura*. Porém, devido à escassez de informações

sobre os métodos utilizados para curvar o BLaC, se faz necessário o desenvolvimento de uma metodologia para sua fabricação. Pesquisando as técnicas usadas para curvar a madeira laminada, material similar ao bambu laminado, e sua evolução através dos tempos, pode-se captar os principais pontos desta tecnologia e adaptá-la ao bambu laminado, criando assim, um ponto de partida para os estudos na área.

Com o intuito de contribuir com os estudos acerca bambu e suas aplicações como material para uso em mobiliário, esta pesquisa apresenta uma coletânea de informações sobre os temas sustentabilidade, bambu, bambu processado e curvatura de laminados, para com essas informações, desenvolver uma metodologia a cerca do processo de curvatura do bambu laminado colado. Para a etapa dos procedimentos experimentais, foram utilizados bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus*, moldes do tipo macho-fêmea, com sistema de aquecimento elétrico e em dez configurações distintas de raios e ângulos de abertura, além de dois adesivos, sendo um o ureia-formaldeído e o outro o poliuretano à base de óleo de mamona. A colagem e prensagem das peças de BLaC foi dirigida com base em fatores constantes, como a temperatura, umidade das ripas, tempo e torque, e fatores variáveis, como os raios e ângulos de abertura dos moldes, a espessura e o número de ripas por colagem.

Os dados coletados com as colagens do BLaC curvo foram reunidos e analisados para verificar a consistência dos resultados obtidos e a eficiência do método utilizado, definindo assim, diretrizes básicas que permitem o desenvolvimento tecnológico da geração de peças curvas em BLaC e ampliam as possibilidades da utilização do bambu como material para a confecção de mobiliário.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Gerais

Esta pesquisa tem por objetivo geral desenvolver uma metodologia para o processo de curvatura de peças de Bambu Laminado Colado, através da utilização de moldes aquecidos eletricamente, com foco na confecção de mobiliário em escala industrial.

1.1.2. Específicos

1. Realizar uma revisão bibliográfica sobre sustentabilidade, design sustentável, curvatura de bambu laminado e de madeira laminada;
2. Processar bambu para laminação;
3. Confeccionar moldes aquecidos para curvatura do BLaC;
4. Definir a espessura ideal das lâminas para curvatura;
5. Confeccionar peças curvas de BLaC a partir dos moldes;
6. Analisar a consistência os resultados obtidos com as prensagens.

1.2. JUSTIFICATIVAS

Nas últimas décadas, e cada vez mais, a busca pela sustentabilidade tem instigado a pesquisa nas mais diversas áreas do conhecimento em prol do desenvolvimento de soluções mais sustentáveis para os atuais processos produtivos e ciclo de vida dos produtos, e o Designer, elemento

determinante no desenvolvimento destes produtos e processos, tem função vital como agente consciente e transformador tanto do meio em que se vive quanto da cultura que é perpetuada.

Dentre os diversos pontos de atuação do Designer no processo produtivo, têm-se a busca por materiais alternativos como um fator primordial a ser pensado, e a pesquisa por novos processos produtivos como o catalizador da ação que culmina no desenvolvimento de produtos. São nestes dois pontos que esta pesquisa foca, pesquisando a matéria-prima bambu como material alternativo e o desenvolvimento de uma metodologia de curvatura do laminado de bambu colado como possível processo produtivo a ser utilizado para fabricação de móveis com BLaC curvo.

A escolha do bambu se deu pelo fato desta planta apresentar grande potencial como matéria-prima para produtos industriais, e por ser uma excelente aliada rumo à sustentabilidade, principalmente à medida que o plantio do bambu e a sua utilização em substituição à madeira, mesmo que seja de reflorestamento, pode evitar o corte de novas árvores e assim diminuir a pressão exercida sobre as florestas principalmente nativas.

Além dos fatores citados, tem-se na escassez de trabalhos científicos e de literatura específica sobre curvatura de BLaC, a principal justificativa para a realização desta pesquisa, cujos resultados visam contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico da aplicação bambu no Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contém uma revisão bibliográfica sobre os temas que envolvem esta pesquisa. Primeiramente é abordado o termo sustentabilidade, seu surgimento e evolução, sua relação com o design e diversas manifestações, assim como as ferramentas que são utilizadas para seu desenvolvimento. Em seguida é apresentada a planta bambu, suas principais características, aplicações industriais, com ênfase ao Bambu Laminado Colado e sua curvatura, assim como alguns incentivos governamentais para seu estudo, cultivo e exploração. A última parte trata da madeira laminada, seus métodos de curvatura, os tipos de moldes e adesivos utilizados e sua aplicação na confecção de mobiliário.

2.1. SUSTENTABILIDADE

Apesar de as preocupações com o impacto ecológico negativo causado pelo industrialismo haverem sido noticiadas já no século 19, foi somente ao final da década de 1960 que o movimento ambientalista começou a tomar as feições que hoje apresenta (CARDOSO, 2008). A palavra *impacto*, em português, tem o significado de choque ou colisão (BRANCO, 1988); portanto, o impacto ambiental é uma espécie de “trauma ecológico” que se segue ao choque causado por uma ação ou obra humana em desarmonia com as características e o equilíbrio do meio ambiente.

Segundo Van der Lugt (2008), devido ao crescimento da população humana em todo o planeta, combinado com um aumento do consumo *per capita*, mais e mais pressão é colocada sobre os recursos globais, causando os três problemas ambientais inter-relacionados: esgotamento dos recursos naturais, deterioração dos ecossistemas e a deterioração da saúde humana, e todos os seus efeitos. Considerando-se tais fatos, torna-se necessário rever os conceitos de crescimento e desenvolvimento, a partir dos problemas ambientais que deles resultam. Tal revisão teve início na década de 1960, e assumiu uma escala global principalmente com a publicação de *The Limits to Growth*, de D.H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers e W. W. Behrens, em 1972. Porém, foi somente na década de 1990 que realmente se estabeleceu uma ligação estreita entre a temática ambiental e a produção industrial, dando seguimento às discussões de caráter político e normativo ocorridas nos anos oitenta (BARBERO; COZZO, 2009).

Reubens (2010) informa que o conceito de desenvolvimento sustentável, como é conhecido, foi apresentado para o público mundial em 1987 pela *United Nations World Commission on Environment and Development*, em seu relatório denominado *Our Common Future*, onde se encontra a definição sintetizada mais conhecida do que seria o desenvolvimento sustentável: “O desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas necessidades”.

A palavra sustentabilidade foi usada primeiramente pelos silvicultores europeus no final do século XVIII, e isso provavelmente explica suas fortes raízes de conotação ambiental (REUBENS, 2010). Na época, as florestas estavam sendo devastadas para prover toda a madeira necessária como combustível para o desenvolvimento econômico europeu. Os silvicultores logo perceberam que as árvores não cresciam rápido o suficiente para igualar a velocidade com a qual eram cortadas, e para lidar com esse desmatamento foram desenvolvidas florestas científicas, ou sustentáveis. Simplificando, árvores suficientes seriam plantadas para repor as que eram cortadas, e a taxa de crescimento da floresta seria monitorada cientificamente para garantir tal reposição.

Segundo Vilela Junior e Demajorovic (2006), a era industrial exigiu uma forma de produção em massa que desestabilizou a estrutura tradicional de produção, passando a necessitar de quantidades cada vez maiores de recursos naturais, ocasionando o aumento de emissões e resíduos tóxicos, além de causar uma concentração populacional nos centros produtivos devido a migração da população rural. Os autores também informam que anteriormente aos anos 1970 não havia qualquer tipo de controle ambiental, e os poluentes gerados pelas indústrias eram eliminados diretamente no meio ambiente sem maiores restrições. Os primeiros órgãos a controlar o descarte de poluentes industriais foram estruturados no início da década de 70, assim como legislações ambientais foram organizadas e se iniciaram as atividades de monitoramento, licenciamento e fiscalização das indústrias.

Com a crise ambiental provocada pela sociedade pós-moderna, a partir de meados do século XX se iniciam movimentos, como conferências internacionais e estudos, dedicados a buscar de forma efetiva, métodos para promover o desenvolvimento e, ao mesmo tempo, preservar o meio ambiente (ARRUDA, 2009). A Tabela 1 apresenta os principais acontecimentos internacionais, dos anos 60 até atualmente, que discutem a questão ambiental.

Tabela 1. Cronologia dos principais acontecimentos relacionados à questão ambiental.

	Acontecimento
Anos 60	1962 - Publicação de Primavera Silenciosa, por Rachel Carlson 1965 - Utilizada a expressão Educação Ambiental (<i>Environmental Education</i>) na Conferência de Educação da Universidade de Keele, Grã-Bretanha. 1968 - Fundação do Clube de Roma.
Anos 70	1972 - Publicação do Relatório Os Limites do Crescimento – Clube de Roma. 1972 - Conferência de Estocolmo – Discussão sobre o desenvolvimento e o meio ambiente, conceito de ecodesenvolvimento. 1972 - Recomendação 96 – Educação e Meio Ambiente. 1973 - Registro Mundial de Programas em Educação Ambiental, EUA. 1974 - Seminário de Educação Ambiental em Jammi, Finlândia – Educação ambiental é reconhecida como educação integral e permanente. 1977 - Congresso de Educação Ambiental – Brazzaville, África – Reconhece a pobreza como maior problema ambiental. 1978 - Surge a certificação ambiental por iniciativa da Alemanha.
Anos 80	1983 - Criada a CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente. 1987 - Divulgação do relatório da CMMAD – Nosso Futuro Comum (Relatório Brundtland) e divulgação do conceito desenvolvimento sustentável. 1987 - Congresso Internacional da UNESCO/PNUMA sobre Educação e Formação Ambiental – Moscou – Reafirma os princípios de Educação Ambiental e assinala a importância e necessidade de pesquisa e da formação em Educação Ambiental. 1988 - Declaração de Caracas – ORPAL/PNUMA – sobre Gestão Ambiental na América – denuncia a necessidade de mudar o modelo de desenvolvimento. 1989 - Declaração de Haia, preparatório da Rio-92 – aponta a importância da cooperação internacional nas questões ambientais.
Anos 90	1990 - Conferência Mundial sobre Ensino para Todos – Satisfação das Necessidades Básicas de Aprendizagem, Jomtien, Tailândia – destaca o conceito de analfabetismo ambiental. 1990 - ONU declara o ano 1990 como o Ano Internacional do Meio Ambiente. 1990 - Reuniões preparatórias para a Rio 92. 1992 - Conferência sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, UNCED, Rio 92/ ECO92 – criação da Agenda 21 – Tratado Ambiental para Sociedades Sustentáveis. 1992 - Carta Brasileira de Educação Ambiental. 1992 - Congresso Sul-Americano, Argentina – continuidade Rio 92. 1992 - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Bali. 1993 - Conferência dos Direitos Humanos, Viena. Conferência Mundial de População, Cairo. 1994 – 1º Congresso Brasileiro de Educação Ambiental.

	1994 - Conferência para o Desenvolvimento Social, Copenhague – criação de um ambiente econômico, político, social, cultural e jurídico que permita o desenvolvimento social. 1996 - Editada a norma ISO 14000, que trata do sistema de gestão ambiental para as empresas. Editada a norma ISO 14040 que trata da Avaliação do Ciclo de Vida do produto. 1997 - Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Conscientização Pública para a Sustentabilidade, Thessaloniki, Grécia. 1997 - Protocolo de Kyoto. Este documento define metas para a redução da emissão de gases de efeito estufa, estabelece um sistema de comércio das emissões para os países desenvolvidos e mecanismos de desenvolvimento “limpo” para os países em desenvolvimento.
Anos 2000	2002 - Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável Johannesburgo, 2002 onde foi elaborado um Plano de Implementação. Também chamada de Rio+10 teve como objetivo central analisar e avaliar os possíveis avanços ocorridos nos compromissos firmados durante a Rio 92. 2005 - O Tratado de Kyoto entra em vigor oficialmente - institui compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases de efeito estufa para os países industrializados. 2007 - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Bali. 2007 - Al Gore (ex-vice-presidente dos EUA) escreveu “An Inconvenient Truth”. O livro foi baseado em relatórios científicos incluindo os apresentados pelo IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012 - A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), a Rio+20, realizada na cidade do Rio de Janeiro, veio com o propósito de reafirmar as políticas de compromisso com o Desenvolvimento Sustentável, com o documento: “O futuro que queremos”.

Fonte: Adaptado de Arruda (2009)

O século XX foi marcado por uma demanda crescente de produtos e serviços, o que exigiu a extração rápida e desordenada dos recursos naturais mundiais aumentando, assim, a formação e liberação de resíduos nocivos na água, no solo e no ar. Porém, com o passar dos anos, a sociedade tornou-se cada vez mais consciente dos problemas ambientais, o que se manifestou através de grupos de interesse público, como organizações não governamentais, e a implementação de leis e diretivas comunitárias (PLATCHECK, 2012).

Peltier e Saporta (2009) afirmam que a opinião pública já está habituada à ideia de que as atividades humanas entram em conflito direto com a preservação do meio ambiente, e um grande número de pessoas acredita que se tornou necessário modificar o nível de atividade e os hábitos a fim de conter a deterioração do meio ambiente. Os indivíduos pessimistas vão mais longe, prevendo perigo para todas as formas de vida na Terra, caso se continue a agir da maneira que se tem agido, enquanto os moderados estão de acordo com uma filosofia de desenvolvimento sustentável, que asseguraria ao mesmo tempo, prosperidade econômica, proteção sem risco ambiental e respeito pelo ser humano. Apesar das opiniões divergentes por parte das pessoas, fica claro que a tomada de consciência dos problemas ambientais é cada vez maior, e a vontade de encontrar soluções imediatas, tanto num caso como no outro, é absolutamente real.

Se para inúmeras pessoas, preservar o meio ambiente tornou-se uma necessidade, agir para preservá-lo deve ser uma atitude sincera e eficaz. A finalidade de uma abordagem sustentável não é apresentar-se da noite para o dia como o ente mais respeitoso do planeta, mas agir concretamente, minimizando sensivelmente o impacto negativo que se possa causar ao meio ambiente (PELTIER; SAPORTA, 2009).

2.2. DESIGN E SUSTENTABILIDADE

O conceito de desenvolvimento sustentável remete a um legado permanente de uma geração para a outra, para que todas sejam capazes de prover suas necessidades. Neste contexto, a sustentabilidade passa então a incorporar o significado de manutenção e conservação *ad aeternum* dos recursos naturais, o que demanda desenvolvimento tecnológico e científico, para que seja

possível utilizar, recuperar e conservar esses recursos, e conseqüentemente, aliviar as pressões que são exercidas sobre os mesmos (BARBIERI, 1997).

A ecologia e o equilíbrio ambiental são os esteios básicos de toda a vida humana na Terra, e não pode haver vida nem cultura humanas sem eles. Segundo Papanek (1995), o design ocupa-se com o desenvolvimento de produtos, utensílios, máquinas, artefatos e outros dispositivos, e esta atividade exerce influência profunda e direta sobre a ecologia. Portanto, a ação do design deve ser positiva e *unificadora*, no sentido de tornar-se uma ponte entre as necessidades humanas, a cultura e a ecologia.

Em se tratando da função do designer e sua importância, Bonsiepe (2011) escreve que cabe ao designer intervir na realidade com projetos que busquem superar as dificuldades e não se contentar apenas com uma postura crítica frente à realidade, mas persistir nessa posição. Já Papanek (1992) afirma que o design constitui a ferramenta mais poderosa dada ao homem com a qual se torna capaz de moldar os seus produtos, ambientes e, por extensão, a si mesmo. O designer deve analisar o passado, assim como as conseqüências de seus atos para o futuro, e isto é uma tarefa difícil, pois muitas vezes a carreira dos designers foi condicionada por uma orientação focada ao mercado e ao sistema de lucros. O autor ainda acrescenta que tanto a época como o lugar dão aos designers a certeza de que as técnicas e os talentos que colocam no trabalho permanecerão válidos no futuro. No entanto, é necessário ser extremamente cuidadoso com aquilo que é criado e por que é criado, pois as opções e as decisões no trabalho dos designers podem ter conseqüências ecológicas de longo alcance e a longo prazo.

Cardoso (2008) escreve que a propagação mundial do modelo consumista americano depende do aumento contínuo da produção e do consumo. Porém, o mesmo excessivo consumo que mantém o sistema em funcionamento é responsável pelo agravamento constante dos problemas ambientais. O autor também afirma que o maior dilema para o designer na pós-modernidade talvez se encontre no fato de ele se encontrar justamente no ponto de encontro entre o mercado e o meio ambiente. Diversas profissões podem direcionar sua atenção para uma ou outra direção, sendo fácil para um economista aconselhar medidas para estimular o consumo, e ambientalista pregar a sua minimização, porém, a partir do momento em que se percebe que nem uma coisa nem a outra são tão simples assim, as pessoas acabam recorrendo ao designer para projetar soluções capazes de aproximar esses dois polos aparentemente incompatíveis.

O tema do impacto ambiental entrou cedo para a pauta de discussões das organizações profissionais de designers. Devido seu relacionamento estreito com o processo produtivo industrial, os designers têm apresentado um elevado nível de consciência em relação a questões ecológicas, e as soluções desenvolvidas por esses profissionais demonstra disposição para acompanhar as rápidas mudanças da área, além de abertura constante para o novo e flexibilidade em termos de metodologia de projeto (CARDOSO, 2008).

As reflexões sobre a ecologia, na área do design, remontam ao início da década de 1970, mas durante muitos anos foram alvo de intensas críticas. Somente a partir da década de 1980, diante da rápida propagação da poluição ambiental global, as reivindicações do design ecológico começaram a ter maior aceitação. O design ecológico concentra-se, sobretudo, na sustentabilidade ambiental de seus produtos, tendo suas intenções voltadas para um processo produtivo que poupe energia, apresente as menores emissões tóxicas possíveis e utilize materiais que não agredam o meio ambiente (SCHNEIDER, 2010).

Um dos primeiros termos que vieram a denominar a fusão entre design e a busca pela sustentabilidade ambiental, foi o Ecodesign. Segundo Manzini e Vezzoli (2011), a palavra Ecodesign é dotada de uma boa capacidade autoexplicativa, pois seu significado geral sobressai de maneira imediata dos dois termos que a compõe: Ecodesign é um modelo projetual, ou de design, orientado por critérios ecológicos. Portanto, o termo apresenta-se como uma síntese de um vasto conjunto de atividades projetuais que tendem a considerar a questão ambiental a partir do redesenho dos próprios produtos.

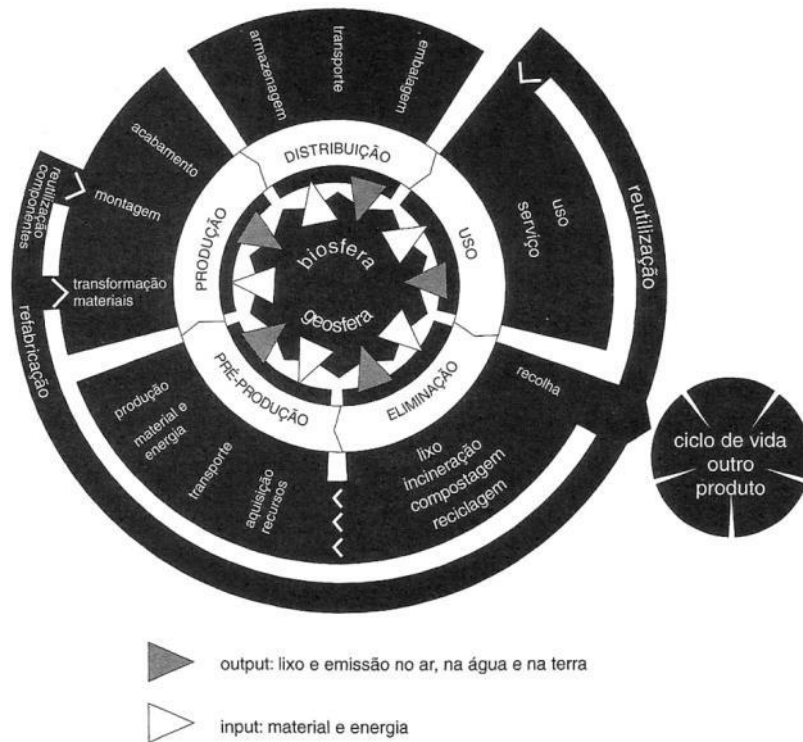
A partir da década de 1990 surgiram novas concepções de projetos, denominadas DfX (*Design for X*), onde o “X” representa o objetivo desse projeto, como, por exemplo, *Design for Assembly* (DfA), *Design for Disassembly* (DfD), *Design for Environment* (DfE), etc. O conceito de DfE é utilizado em vários setores e por diferentes nomes, como Ecodesign, *Green Design*, ou “design de fabricação ambientalmente consciente”, entre outros. Porém, esses diversos nomes podem ser considerados sinônimos, já que todos partem de um mesmo princípio, que é a inclusão das questões ambientais no projeto de novos produtos, processos ou serviços (VILELA JUNIOR; DEMAJOROVIC, 2006).

Atualmente, existem inúmeros termos e definições para caracterizar a relação entre sustentabilidade e design, alguns tem uma abordagem mais específica, como no caso dos DfX, enquanto outros tentam abarcar de forma mais geral possível a rede de conexões que existe entre a busca pela sustentabilidade e o trabalho do designer. Entre as definições descritas por Kazazian (2005), Ferrão (2009), Peltier e Saporta (2009), Barbero e Cozzo (2009), Manzini e Vezzoli (2011) e Platcheck (2012), pode-se notar certa evolução em relação ao foco dado pelo Ecodesign, que iniciou olhando exclusivamente para o desenvolvimento ambientalmente consciente, partindo da responsabilidade ambiental, e que aos poucos foi abarcando novos fatores, em busca de um melhor equilíbrio entre os requisitos funcionais, econômicos e ambientais, sendo que o termo mais atual, *Design para a Sustentabilidade*, se apoia em um tripé entre o que é economicamente viável, a manutenção do meio ambiente e a responsabilidade social.

Bonsiepe (2011) ressalta que a contradição mais forte à qual a atividade projetual está exposta encontra-se na distância entre o que é socialmente desejável, tecnicamente factível, ambientalmente recomendável, economicamente viável e culturalmente defensável. Porém, além de combinar todos estes fatores, para ser verdadeiramente reconhecido como tal, o *design* para sustentabilidade deve também considerar, durante a concepção de produtos e serviços, todas as condicionantes que os determinem por todo o seu ciclo de vida, isto é, através da metodologia definida pelo *Life Cycle Design (LCD)*. Com o LCD entende-se, de fato, uma maneira de conceber o desenvolvimento de novos produtos tendo como objetivo que, durante todas as suas fases de projeto, sejam consideradas as possíveis implicações ambientais ligadas às fases do próprio ciclo de vida do produto buscando, assim, minimizar todos os efeitos negativos possíveis.

Em se tratando das fases do ciclo de vida, Papanek (1995), Kazazian (2005) e Manzini e Vezzoli (2011) fornecem uma lista de etapas com pequenas variações entre os termos usados por cada um deles, assim como o acréscimo ou decréscimo de fases. Porém, as etapas descritas por Manzini e Vezzoli (2011) parecem ser as que melhor resumem o ciclo de vida, seguindo o seguinte esquema: pré-produção, produção, distribuição, uso e eliminação, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1. Ciclo de vida do produto.



Fonte: Manzini e Vezzoli (2011)

A cada etapa do ciclo de vida de um produto, fluxos de entrada (matérias e energias) e de saída (resíduos, emissões líquidas e gasosas) produzem impactos negativos sobre o meio ambiente (poluições, resíduos, nocividades, etc.). Identificar esses impactos constitui o início a qualquer tipo prevenção e melhoria dos modos de concepção e de consumo dos bens (KAZAZIAN, 2005).

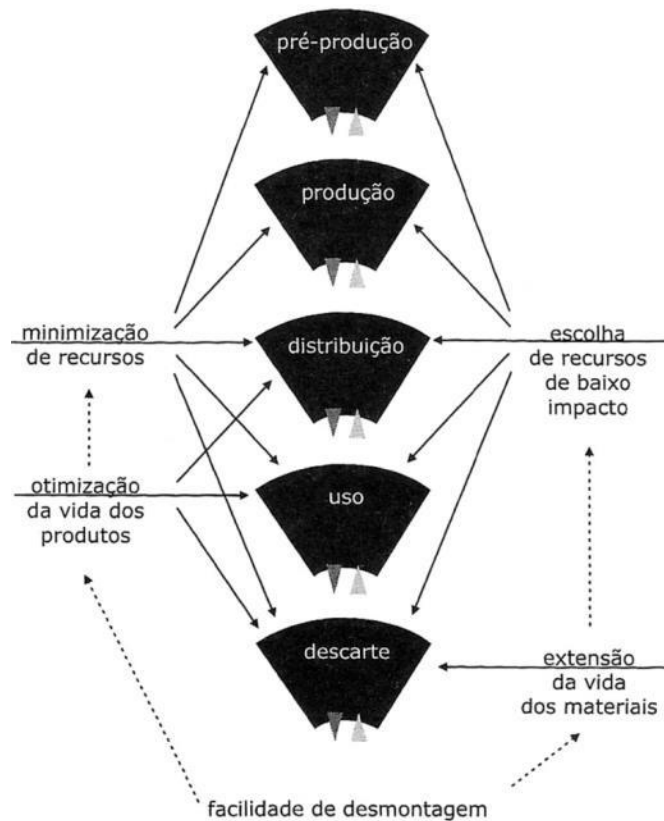
Porém, varia de forma muito ampla os fluxos de entrada e saída de todos os processos que acompanham os produtos durante seu ciclo de vida, ao ponto que não se pode efetivamente determiná-los na fase de projeto, assim como, nem tudo é conhecido já na fase de projeto, tornando-se difícil prever todas as condições do sistema em que está inserido, já que este está em constante evolução. Portanto, uma abordagem mais realista e eficaz baseada no *Life Cycle Design* deve considerar todas as fases com o objetivo de minimizar o impacto ambiental negativo, mas não é taxativamente necessário operar em todas as fases, seja no caso de um sistema-produto inteiramente controlado por quem projeta, seja no caso em que o controle é apenas parcial (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

Considerando-se o *Life Cycle Design*, as estratégias necessárias para se integrar os requisitos ambientais no desenvolvimento de produtos, conforme Manzini e Vezzoli (2011), são as seguintes:

- Minimização dos recursos: reduzir o uso de materiais e de energia;
- Escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental: selecionar os materiais, processos e as fontes energéticas de maior *ecocompatibilidade*;
- Otimização da vida dos produtos: projetar artefatos que perdurem;
- Extensão da vida dos materiais: projetar em função da reaplicação dos materiais descartados;
- Facilidade de desmontagem: projetar em função da fácil separação das partes e dos materiais.

A Figura 2 apresenta um esquema com as estratégias de Life Cycle Design e as fases do ciclo de vida.

Figura 2. Estratégias de Life Cycle Design e fases do ciclo de vida.



Fonte: Manzini e Vezzoli (2011)

A fase de pré-produção abarca um dos tópicos mais importantes relacionados ao conceito do Ecodesign, que é a escolha correta dos materiais que serão utilizados na fabricação do produto e também dos recursos naturais que serão consumidos ao longo da vida útil desse produto. Portanto, o projetista deve levar em consideração os seguintes pontos: evitar o uso de materiais escassos ou em risco de esgotamento, utilizar materiais biodegradáveis, mais leves, de fontes locais e renováveis (VILELA JUNIOR; DEMAJOROVIC, 2006).

A escolha adequada dos materiais, tanto pelo designer como pelo fabricante, é crucial. A poluição atmosférica e a destruição da camada de ozônio processam-se desde a extração mineral, consumindo combustíveis e gastando recursos naturais que não podem ser renovados, até ao designer que opta por utilizar plásticos esponjosos para fabricar embalagens descartáveis para alimentos (PAPANÉK, 1995). O designer tem papel relevante na escolha e aplicações dos materiais utilizados em produtos de fabricação em série, mesmo estando ciente de que não estará diretamente envolvido com a origem ou o fim destes materiais. Lawson (2011) ainda afirma que o projetista necessita conhecer a tecnologia que usa para atingir os seus fins, ou seja, eles não decidem apenas o que querem obter, mas também têm de saber como obtê-lo.

Papanek (1995) ressalta que deveria haver uma ênfase maior na qualidade e durabilidade dos produtos, à medida que as pessoas como os designers compreendam que a obsolescência ou o

mau acabamento desperdiçam recursos naturais, e contribuem para a escassez em escala global. O autor também afirma que o estilo do futuro será baseado em produtos que serão mais atemporais do que as novidades, tendências e modas, que mudam rapidamente. É função do designer, mas não somente dele, pensar cada vez mais em termos de ciclo de vida dos artefatos projetados, gerando soluções que estimulem e aprimorem o uso de materiais não poluentes e de baixo consumo de energia, a eficiência de operação e facilidade de manutenção do produto, e o potencial de reutilização e reciclagem após o descarte (CARDOSO, 2008).

A transição em direção à sustentabilidade será um grande e articulado processo de inovação social, cultural e tecnológica, no âmbito do qual haverá lugar para uma multiplicidade de opções (MANZINI; VEZZOLI, 2011). Dar sua contribuição à construção da relação que existe entre o homem e a natureza, é elementar dos projetos de design voltados para a sustentabilidade. Para Kazazian (2005), produzir sem destruir e projetar um objeto do cotidiano prolongando sua vida útil e tornando seu fim assimilável por outros processos de vida, deve ser a finalidade de uma reflexão global que considera a complexidade da relação entre homem e natureza.

Design e criação consciente são essenciais para garantir que a sustentabilidade não acabe sendo somente uma moda passageira usada pelo marketing para vender mais produtos. É imperativo que designers e fabricantes de produtos sejam verdadeiros para com os objetivos pautados pela sustentabilidade, e levem em consideração toda a cadeia produtiva, desde a matéria-prima até os impactos do produto final, ou sistema, em nosso planeta. Já os consumidores precisam ter acesso a produtos melhores projetados e mais sustentáveis, para que assim, tenham a possibilidade de fazer uma escolha consciente no momento da compra (REUBENS, 2010).

2.3. BAMBU

A crescente escassez dos recursos naturais, associada ao desenvolvimento de novas tecnologias, vem incentivando as pesquisas com materiais alternativos, visando à preservação da natureza e à melhoria da qualidade de vida do homem (RIVERO, 2003). Segundo Lima (2006), muitos materiais naturais tiveram sua importância elevada em função das reais possibilidades de renovação de suas reservas e sua biocompatibilidade, como a facilidade de sua absorção pela natureza quando descartados.

Material natural é todo aquele que é extraído pelo homem da natureza, mas que para sua utilização não tenha sofrido modificações profundas em sua constituição básica. Um material natural é considerado orgânico se obtido de um animal ou vegetal, e inorgânico se obtido de um mineral. Dentre os materiais orgânicos de fonte vegetal têm-se a madeira proveniente dos vegetais superiores (árvores frondosas e coníferas), o bambu (pertencente à família das Gramíneas) utilizado na sua forma *in natura* ou processado, além de polímeros como o látex e o âmbar (LIMA, 2006).

Matérias-primas renováveis são produzidas pela natureza e transformadas pelo homem, e seu tempo de renovação pode ser de poucos anos até várias décadas, por isso, uma boa gestão de sua exploração assegura sua regeneração. Eles podem ser materiais de origem vegetal ou animal, como a madeira, a lã ou o algodão. Estes biomateriais fazem sucesso por apresentarem dupla vantagem: são oriundos de recursos agrícolas renováveis e são degradáveis (PELTIER; SAPORTA, 2009).

Como fonte de matéria-prima, a madeira sempre foi conhecida como sendo um material renovável, entretanto, devido à alta taxa de desmatamento das florestas mundiais, esta fonte

renovável está sob muita pressão e se sua extração de forma insustentável continuar, ela poderá tornar-se extremamente limitada. De acordo com o Programa Nacional de Florestas (PNF) e com estudos realizados pela Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), existe um desequilíbrio entre a oferta e a procura de madeira plantada para suprir as necessidades de crescimento projetadas para a indústria de base florestal. O setor vem chamando a atenção para a possibilidade de um “apagão florestal”, que poderá ocorrer em, no máximo, dez anos, considerando-se o estoque de florestas, o prazo de maturação dos novos investimentos e o déficit produtivo de 300 mil ha/ano (ROSA *et al.*, 2007).

Van der Lugt (2008) informa que além da madeira existem diversas fontes de materiais renováveis que podem ser usadas para produzir materiais semiacabados. Tais fontes renováveis, como o bambu, o vime, o sisal, a cortiça e a cana, entram na categoria de “Non-Wood Forest Products” (NWFP), que são bens de origem biológica e florestal, que não sejam madeira, e nem sejam provenientes de florestas ou de outros terrenos arborizados.

O bambu tem recebido considerável atenção como um dos materiais disponíveis mais sustentáveis. Inegavelmente o bambu é uma das maiores fontes renováveis de biomassa no planeta, sendo um substituto para madeira, e mostrando desmembramentos positivos em relação ao meio ambiente. O bambu tem potencial para ser uma verdadeira fonte sustentável, e integrar todos os pilares da sustentabilidade: ambiental, social, econômico e cultural (REUBENS, 2010).

O bambu está profundamente arraigado no cotidiano de comunidades tradicionais desde tempos imemoriais. Antropólogos sugerem que a dependência humana em ferramentas e tecnologias de bambu pode ter precedido o uso das ferramentas da Idade da Pedra, porém, existem registros limitados dessa época, pois o bambu é um material perecível. Segundo Reubens (2010), esta teoria parece bastante plausível, já que a maioria das civilizações antigas originárias da Ásia, África e América Latina, eram indígenas, e o bambu é um material facilmente trabalhado. O bambu é parte integral da vida na Ásia, o que pode ser claramente percebido por um ditado indiano que diz que “após o nascimento não se consegue viver sem bambu”.

Devido à alta produtividade anual e à capacidade das plantações de bambu serem estabelecidas em áreas onde as árvores talvez não sobrevivam, o bambu pode ser uma alternativa promissora para se atingir a demanda crescente por matérias-primas, em particular a madeira. Portanto, o bambu pode ter um papel importante como fonte de matéria-prima para suprir a necessidade humana por fibras e madeiras para habitação, revestimento e acabamento interior, móveis, utensílios domésticos e outros produtos duráveis (VAN DER LUGT; VOGTLÄNDER; BREZET, 2009).

A importância ambiental dos bambus é imensa, principalmente quando estão se desenvolvendo em seu ambiente natural. Porém, até mesmo em plantações e grandes cultivos, os bambus são capazes de oferecer muitos benefícios ao ambiente (GRECO; CROMBERG, 2011). Os bambuzais desempenham inúmeras funções em um ecossistema; o International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) ressalta que os benefícios do bambu na restauração de solos degradados, reflorestamento, geração de biomassa, sequestro de carbono, prevenção de erosões e lixiviação, já foram todos documentados, mas melhores formas de gestão e sistemas de produção são necessários. Bambus também são habitats para diversas espécies em risco de extinção, como o urso Panda, o Gorila-da-montanha, lêmures e morcegos. Trinta e quatro espécies de pássaros são conhecidos por depender dos bambus na Amazônia. Outro fator interessante, citado pelo INBAR, é

que as pessoas se conectam com as casas de bambu em um nível muito básico, e resorts de bambu estão se tornando cada vez mais populares em diversos países, incluindo Austrália, Índia e China, principalmente porque as florestas de bambu, assim como coleções de bambu bem cuidadas, são ambientes únicos e dificilmente encontrados pela grande maioria das pessoas (INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN, 2013).

Kuehl, Henley e Yiping (2011) informam que os bambus estão entre as plantas de crescimento mais rápido do planeta, crescendo até um metro por dia, e diferentemente das árvores, os bambus do tipo alastrante formam extensos sistemas de rizomas que podem se estender por áreas de até diversos quilômetros. Um colmo, de qualquer espécie de bambu, completa seu crescimento poucos meses após o surgimento do broto, alcançando sua altura máxima em um mínimo de 30 dias para as espécies de pequeno porte, e em um máximo de 180 dias para as espécies gigantes (PEREIRA; BERALDO, 2008). Os colmos, que emergem dos rizomas, morrem naturalmente após 10 anos caso não sejam colhidos, porém, o sistema de rizomas sobrevive à colheita de colmos individuais, e por isso o ecossistema do bambu pode ser produtivo e ainda assim continuar a armazenar carbono com o nascimento de novos colmos. Já a biomassa perdida nesse processo, é substituída dentro de um ano.

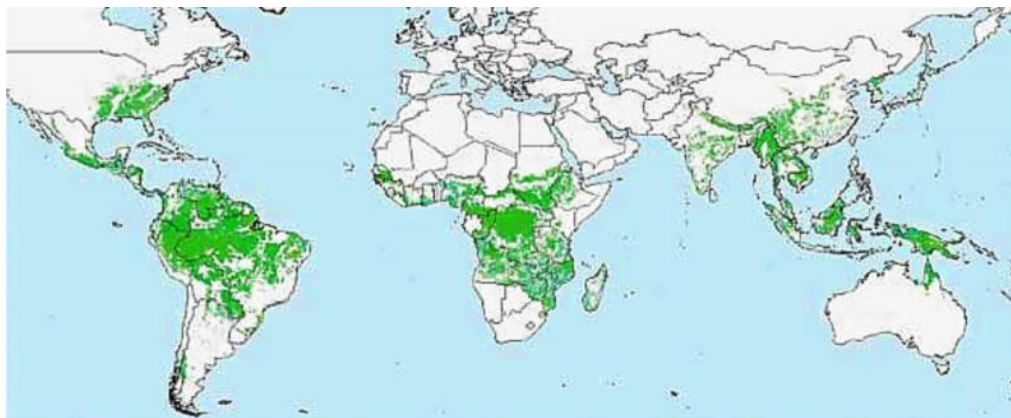
Casagrande e Umezawa (2004) informam que devido à sua alta capacidade de fixação de carbono, o bambu é classificado como uma planta C4; já Lanna *et al.* (2012) desenvolveram um trabalho onde foram realizadas análises em bambus para determinação dos teores de carbono em sua estrutura. Os resultados mostraram que o bambu possui em média os mesmos teores vistos em outras espécies vegetais, porém ao se analisar estes dados juntamente com as taxas de crescimento e de produtividade anual do bambu, nota-se a enorme vantagem que ele apresenta em relação ao armazenamento de carbono. Ao se substituir a madeira ou outros materiais pelo bambu, além de poupar a extração dos mesmos, contribui-se efetivamente com o armazenamento do carbono, pois o carbono sequestrado e armazenado na biomassa do bambu só é perdido quando se queima a planta, ou quando ela se decompõe. Portanto, quando se transforma o bambu em produtos duráveis, se está armazenando o carbono e, conseqüentemente, minimizando os problemas ambientais.

A principal vantagem do bambu para atenuar as mudanças climáticas se encontra em sua rápida geração de biomassa e em sua capacidade de renovação. A biomassa de jovens florestas de bambu aumenta rapidamente durante 10 ou mais anos, até atingir um platô, onde o surgimento e a morte dos colmos, anualmente, são aproximadamente iguais. Já em plantações geridas, adotando-se práticas adequadas de cultivo e de colheita permitem uma produção muito maior de biomassa por área plantada.

Kuehl, Henley e Yiping (2011) informam que, no ano de 2011, estimou-se que as florestas de bambu cubram 22 milhões de hectares, porém, estudos mostram que o bambu poderia ser desenvolvido em mais milhares de hectares de solos degradados nas regiões tropicais e subtropicais, onde poderia fornecer renda extra para agricultores, sem comprometer as culturas já existentes. Outro fato importante é que a produção de produtos de bambu geralmente requer menos energia se comparada a de produtos à base de combustíveis fósseis.

Segundo Hidalgo-López (2003), a distribuição de bambu pelos continentes, é aproximadamente a seguinte: 67% na Ásia e Oceania; 3% na África; e 30% nas Américas. Na Figura 3, pode ser vista a distribuição natural de bambu por todo o planeta.

Figura 3. Distribuição natural de bambu pelos continentes.



Fonte: Kuehl, Henley e Yiping (2011)

O bambu não é uma árvore como considera a maioria das pessoas, mas uma gramínea arborecente gigante, e como tal, ele pertence à família *Gramineae* (*Poaceae*), subfamília *Bambusoideae*, que é dividida em dois grandes grupos: os *herbaceous bambusoid grasses*, ou bambus herbáceos, e os *woody bambusoid grasses* ou bambus lenhosos, conhecidos simplesmente como “bambu”. Este segundo grupo forma a tribo *Bambuseae*, que apresenta colmos lenhosos, geralmente ocos e divididos em septos ou diafragmas. Ramificam-se pelos nós e geralmente se multiplicam pelos rizomas que por sua vez geram novos colmos. O florescimento ocorre somente depois de muitos anos, quando a maioria produz sementes e depois morre (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

A quantidade de espécies e gêneros de bambu catalogados por todo o planeta ainda não é exata, mas entre os valores fornecidos por Hidalgo-López (2003), Ohrnberger (in GRECO; CROMBERG, 2011), Pereira e Beraldo (2008) e Van der Lugt, Vogtländer e Brezet (2009), estima-se até 1.600 espécies e 121 diferentes gêneros.

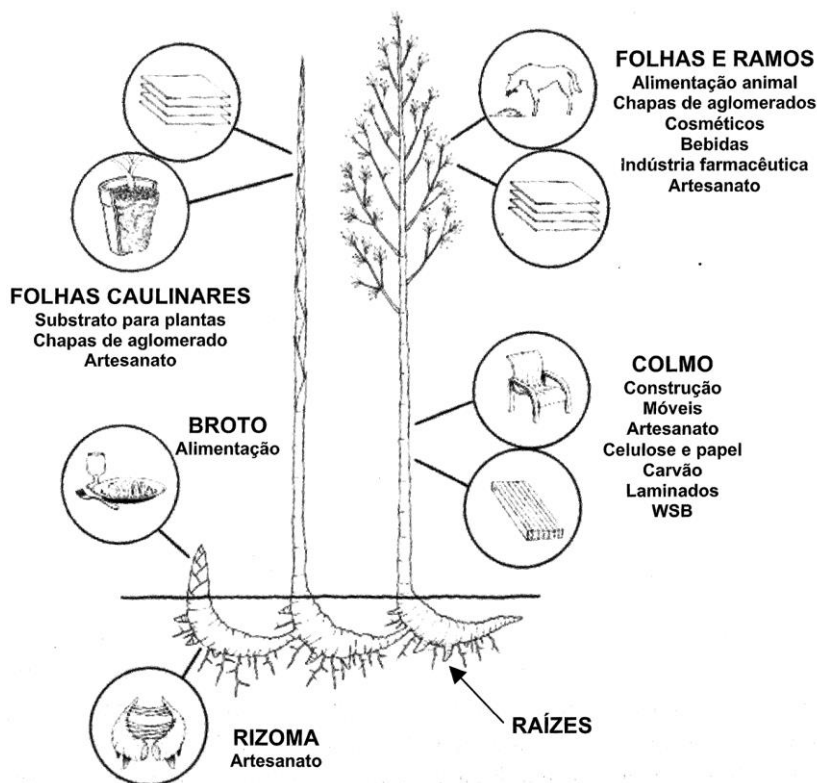
O termo bambu foi primeiramente introduzido pelo naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1778), que a partir do idioma híndi, adotou o termo *mambu* ou *bambu* para classificar essa categoria de plantas. Acredita-se que a origem da palavra bambu seja uma alusão ao forte barulho provocado pelo estouro dos colmos, quando submetidos ao fogo: *bam-boo*. Já no Brasil, os indígenas referiam-se ao bambu como taboca e taquara, entre outros nomes (GRECO; CROMBERG, 2011).

O bambu pode ser considerado um recurso renovável e sustentável, graças à alta capacidade de geração anual de brotos e à realização da ciclagem de nutrientes. Segundo Greco e Cromberg (2011), essa ciclagem acontece à medida que a planta repõe folhas, ramos e folhas caulinares, que caem quando perdem a função fisiológica e se incorporam ao solo. A característica mais importante de uma plantação de bambu está no fato de ser uma cultura permanente de produção anual, produzindo grande quantidade de biomassa, sem que para isso, seja necessário um novo plantio após a colheita, ao contrário de outros tipos de culturas florestais comerciais.

O bambu, além de suas qualidades ambientais, pode ser considerado uma ferramenta para o desenvolvimento econômico e social, considerando-se que sua tecnologia, quando apropriada por pequenos agricultores pode contribuir para a geração de renda e trabalho. (BARELLI, 2009). No meio rural, o bambu pode ajudar a diversificar os produtos oferecidos por uma unidade de produção familiar, além de ser passível de ser cultivado em pequenas áreas ou naquelas que não se destinem à

agricultura convencional, ainda apresentando um retorno de capital mais rápido do que o da madeira. Ademais, o bambu pode ser aproveitado nas construções rurais, confecções de móveis e artesanatos e ainda constituir importante incremento nutricional na dieta familiar, através do consumo de brotos (SILVA *et al.*, 2009, in GRECO; CROMBERG, 2011). A Figura 4 mostra os múltiplos usos das diferentes partes do bambu.

Figura 4. Múltiplos usos das diferentes partes do bambu.



Fonte: Greco e Cromberg (2011)

Moizés (2007) relata que o uso do bambu no Ocidente é restrito se comparado com a China, Índia e Japão, principalmente por questões culturais, já que no Oriente seu uso no cotidiano é milenar. Em tais países, o uso do bambu não se restringe somente à sua forma *in natura*, sendo utilizado também para a fabricação de pisos laminados, painéis laminados e derivados. No Brasil, o bambu é utilizado na forma natural (colmos) em estruturas de casas e objetos em geral, vinculados principalmente às tradições indígenas e aos imigrantes orientais.

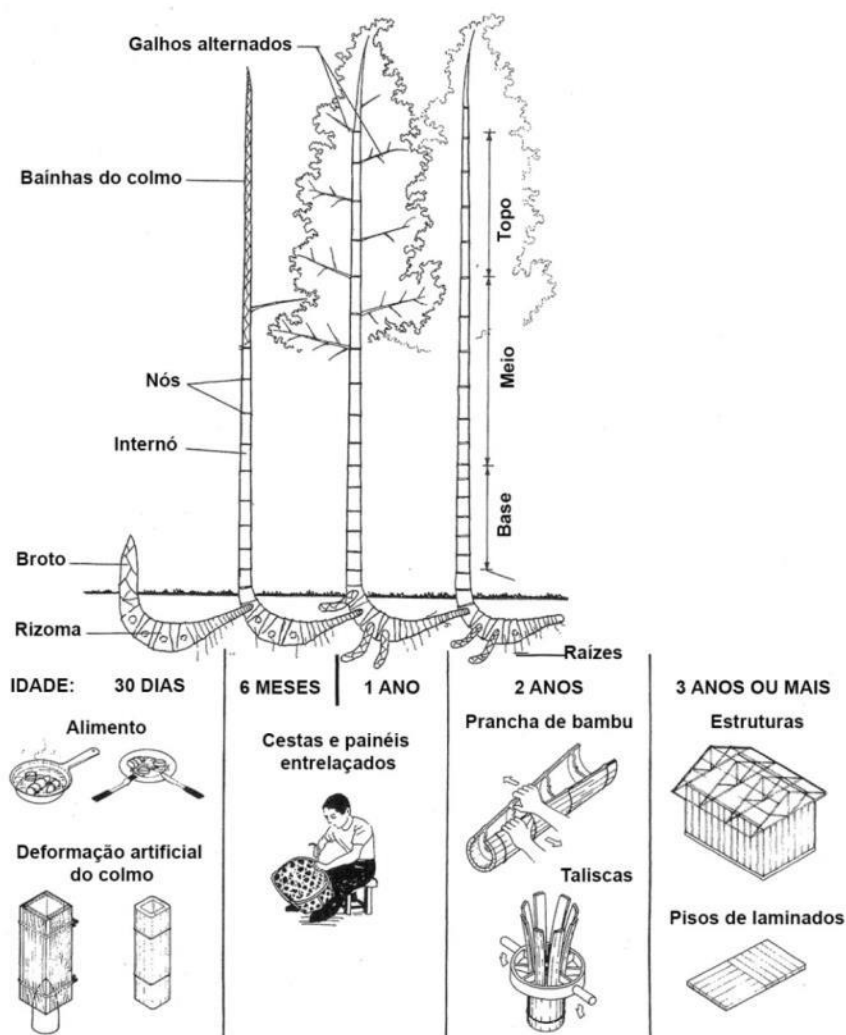
As propriedades do colmo de bambu mudam conforme seu desenvolvimento, por isso suas aplicações variam de acordo com sua idade. Antes de se projetar qualquer produto de bambu, é importante estimar a quantidade de bambu disponível na idade necessária para as aplicações que se deseja, para se ter certeza que haverá material suficiente para ser trabalhado. Sabendo-se que diferentes idades de bambu apresentam características distintas, torna-se de grande valia o conhecimento a cerca da quantidade do material disponível e sua idade, pois isso permite explorar todo o potencial do bambu em termos de produção e design (REUBENS, 2010).

Janssen (1999) ressalta que somente colmos adultos devem ser colhidos, pois os colmos jovens devem ser preservados para amadurecerem e, principalmente, para prover a planta com

alimento, sendo importante não cortar muitos colmos, caso contrário, a planta será danificada e pode eventualmente morrer.

A influência da idade do colmo no seu valor econômico é, talvez, maior no bambu do que em qualquer outro tipo de madeira, afirma Hidalgo-López (2003). Bambus de dois anos são bons para taliscas e pranchas. Aos três anos os colmos estão prontos para produção industrial, pois nesta idade, geralmente atingem a resistência plena. Por essa razão bambus a partir de três anos são recomendados para produção de móveis, laminado e uma grande gama de aplicações. Após os quatro anos o bambu torna-se extremamente rígido, sendo ideal para aplicações estruturais. Com mais de seis anos ele começa a perder a resistência mecânica gradativamente, e este processo continuará até o bambu atingir cerca de 12 anos e conseqüentemente secar (REUBENS, 2010). A Figura 5 apresenta as diferentes etapas da vida do colmo de bambu e suas aplicações em cada idade.

Figura 5. Uso dos colmos do bambu segundo sua idade.



Fonte: Adaptado de Hidalgo-López (2003)

O INBAR recomenda a introdução e a experimentação de espécies consideradas prioritárias, com base em critérios relativos quanto à sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e condições edafoclimáticas. Diversas destas espécies prioritárias foram introduzidas no

Brasil e já se encontram adaptadas às condições locais de clima e solo (PEREIRA; BERALDO, 2008). A Tabela 2 mostra as espécies prioritárias para uso local e comercial, segundo suas características.

Tabela 2. Espécies prioritárias e para uso local e comercial.

Espécie	Valor			Manejo	Clima e Ecologia		Recursos Genéticos					
	C	RI	E			Cl	Sl	D	S	IV	T	F
<i>Bambusa bambos</i>	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	M	M	H	
<i>B. blumeana</i>	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	H	H	H	
<i>B. polymorpha</i>	+	+	-	D	h,d	r,m	H	H	M	H	H	
<i>B. textilis</i>	+	++	+	D	st	r,m	M	L	H	H	L	
<i>B. tulda</i>	+	++	+	D	h,d	r,m	H	M	H	H	H	
<i>B. vulgaris</i>	-	-	++	D	h,d,s	r,m,p	L	L	L	L	L	
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	+	++	+	W	h,d	m	M	L	M	H	M	
<i>Dendrocalamus asper</i>	++	+	++	D	h,d	r	H	H	M	H	H	
<i>D. giganteus</i>	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H	
<i>D. latiflorus</i>	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L	
<i>D. strictus</i>	++	+	++	D	d,s	m,p	M	L	L	H	M	
<i>Gigantochloa apus</i>	+	++	+	D	h	r	H	H	M	H	H	
<i>G. levis</i>	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H	
<i>G. pseudoarundinaria</i>	++	+	+	D	h,d	r	M	L	H	H	L	
<i>Guadua angustifolia</i>	++	++	++	W	h	r,m	H	H	H	H	H	
<i>Melocanna baccifera</i>	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M	
<i>Ochilandra</i>	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H	
<i>Phyllostachys pubescens</i>	++	++	++	D	t	r,m	M	M	L	L	L	
<i>Thyrsostachis siamensis</i>	++	++	++	D	d,(h)	w.(r)	M	M	L	H	L	
Valor	C = Potencial para comercialização RI = Indústria rural E = Regenerador ambiental					++ (alto); + (médio); - (baixo) ++ (alto); + (médio); - (baixo) ++ (alto); + (médio); - (baixo)						
Manejo	D = Domesticado W = Selvagem			h (trópicos úmidos); d (trópicos secos); st (subtropical); s (semiárido); t (temperado)								
Clima e Ecologia	Cl = Clima Sl = Solos			r (rico); m (médio); p (pobre)								
Recursos genéticos	D = Desgaste genético S = Necessita pesquisa armazenamento de sementes IV = Necessidade de pesquisa sobre reprodução in vitro T = Necessidade de maiores transferências F = Necessidade de levantamentos futuros							H (alto) M (médio) L (baixo)				

Fonte: Adaptado de Rao, Rao e Williams (1998)

Rao, Rao e Williams (1998) salientam que a priorização das espécies de bambu é de grande valor não só para o INBAR, mas também para as instituições de pesquisa, universidades e outros, pois, apesar de uma lista como esta não ser definitiva para todo o sempre, ela representa um ponto de partida, que pode ser modificado conforme novas informações se tornem disponíveis.

Segundo Cardoso Junior (2008), nos países asiáticos China, Japão, Tailândia e Vietnã, nos andinos Colômbia e Equador, e em outros como Costa Rica, o bambu vem sendo utilizado como

material sustentável na construção civil e na indústria alimentícia, moveleira, de papel e têxtil. As Américas nunca tiveram uma “cultura do bambu” como a China ou Japão tiveram, e na América Latina a exploração do bambu é limitada ao uso local de espécies encontradas nas proximidades (BYSTRIAKOVA; KAPOs; LYSENKO, 2004). No Brasil, a maioria das espécies utilizadas é exótica, originárias em sua maior parte de países orientais, com exceção ao gênero *Guadua*, endêmico da América, sendo muito utilizado na Colômbia e Equador, e possuindo várias espécies nativas no Brasil.

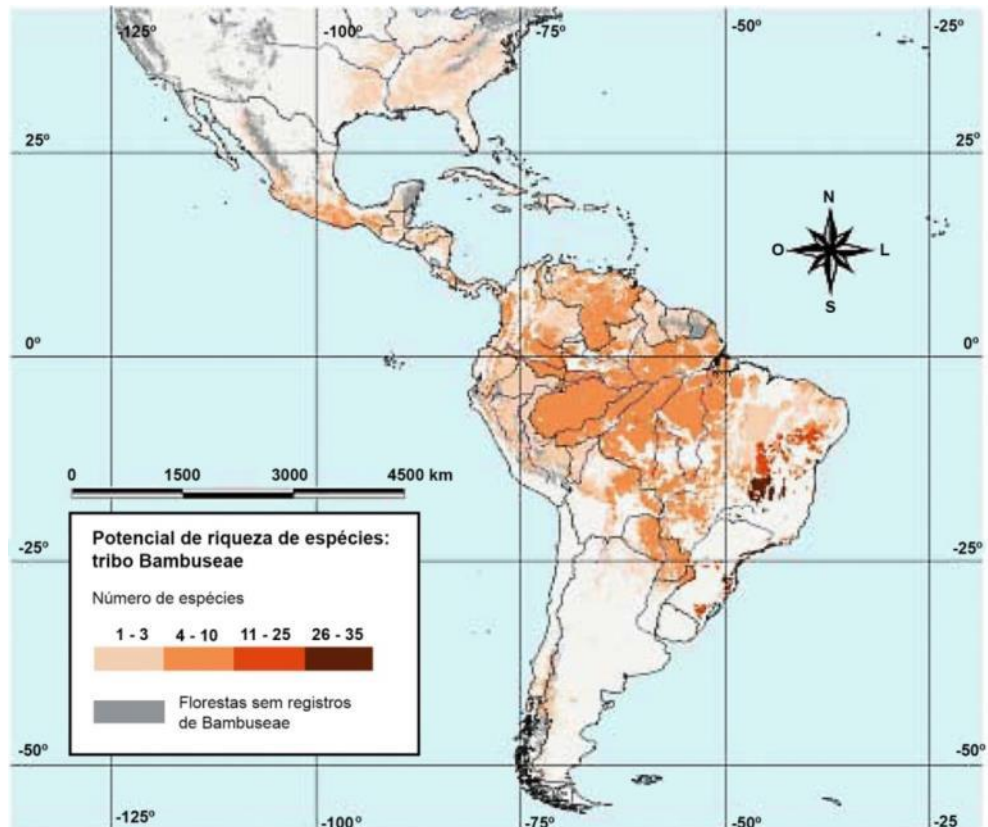
Greco e Cromberg (2011) relatam que as espécies exóticas mais cultivadas no Brasil e normalmente encontradas em diversas regiões do país são: *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* (uso rural e produção de papel), *Bambusa vulgaris* var. *vittata* (ornamental e uso rural), *Bambusa tuldoidea* (uso rural), *Bambusa textilis* (ornamental e uso rural), *Dendrocalamus giganteus* (uso rural, construções e laminado), *Dendrocalamus asper* (uso rural, construções e laminados), *Phyllostachys pubescens* (ornamental, alimentação e laminados) e *Phyllostachys aurea* (varas de pesca, cortinas e movelaria).

Na América Latina, a Colômbia é o país que mais utiliza o bambu em construções rurais e urbanas. Já no Brasil, a maior produção está destinada à fabricação de vara-de-pescar, mobiliários tradicionais, artesanato, brotos comestíveis, instrumentos e papéis de fibras longas. Observando-se as proporções territoriais e o clima da China, que é o maior produtor de bambu do mundo, no Brasil também é possível de se visualizar o favorecimento de uma produção em larga escala, principalmente pelo clima tropical e subtropical das extensas áreas existentes no país (MOIZÉS, 2007).

Apesar de o Brasil possuir aproximadamente 20% do total de espécies de bambu encontradas em todo o mundo, ele não apresenta grandes recursos de bambu, e esta é uma das explicações para o fato de a exploração desta planta no país estar restrita, em sua grande maioria, aos usos tradicionais como balaies, tutores na agricultura e construções provisórias (CARDOSO JUNIOR, 2008).

Assim como as quantidades de espécies e gêneros de bambu pelo mundo não são precisos, as quantidades encontradas nas Américas e no Brasil também não o são, mas entre os valores fornecidos por Londoño (2001), Bystriakova, Kapos e Lysenko (2004), Filgueiras e Gonçalves (2004, in PEREIRA; BERALDO, 2008), são encontradas até 174 espécies diferentes no Brasil, que desponta nas Américas como o país com maior número de espécies, seguido pela Venezuela com 68 espécies, e a Colômbia com 56. A Figura 6 mostra um mapa com a riqueza potencial de espécies de bambu lenhosos nas Américas, derivado da combinação de mapas com a distribuição de 341 espécies nativas da região.

Figura 6. Mapa com o potencial de riqueza de espécies de bambu da tribo Bambuseae nas Américas.



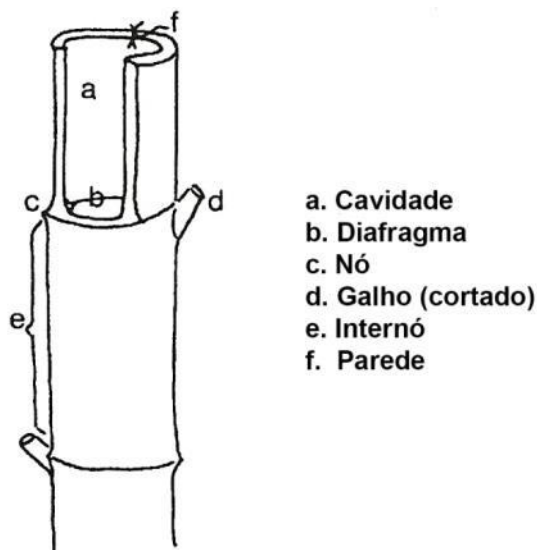
Fonte: Adaptado de Bystriakova, Kapos e Lysenko (2004)

2.3.1. Características Gerais

Pelas características de seu colmo, o bambu é considerado como sendo uma planta lenhosa, monocotiledônea, e pertencente às angiospermas. Os bambus lenhosos geralmente possuem porte arbóreo, sendo constituídos por uma parte aérea, que abarca colmo, folhas, folhas caulinares e ramos, e uma parte subterrânea, composta por rizoma e raízes (GRECO; CROMBERG, 2011).

Apesar de raramente ocorrerem bambus maciços (gênero *Chusquea*, por exemplo), os colmos de bambu, em sua grande maioria, apresentam uma forma ligeiramente cilíndrica e dispõem de uma sequência de entrenós (internós) ocos (cavidades), separados transversalmente uns dos outros por diafragmas (septos), que aparecem externamente como nós, dos quais emergem ramos e folhas. Os diafragmas fornecem maior rigidez e resistência aos colmos, o que lhes permite suportar a ação do vento e do próprio peso (PEREIRA; BERALDO, 2008). A Figura 7 apresenta a estrutura básica do colmo de bambu.

Figura 7. Estrutura básica do colmo de bambu.



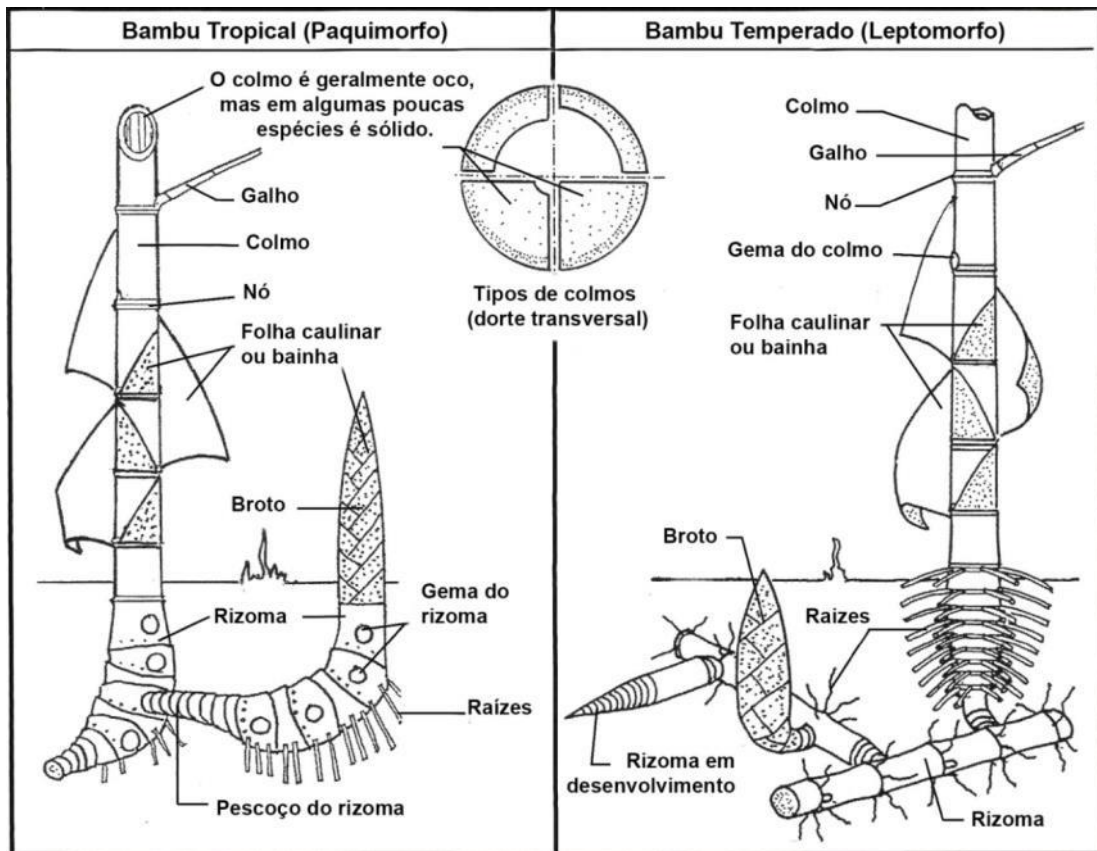
Fonte: Adaptado de Janssen (1999)

Os colmos diferenciam-se em altura, diâmetro, espessura de parede e forma de crescimento, conforme a espécie a que pertençam. Segundo Pereira e Beraldo (2008), o colmo de bambu nasce com o diâmetro que terá por toda a sua vida, e este diâmetro é maior perto da base e diminui em direção à ponta, ou seja, o bambu é geometricamente um tronco de cone, mas este diâmetro nunca aumenta com o passar dos anos, como ocorre normalmente com as árvores.

O rizoma exerce um papel fundamental no desenvolvimento do bambu, agindo não só como armazenador de nutrientes, para posterior distribuição, mas também como órgão responsável pela propagação do bambu. Ano após ano, o nascimento de novos colmos se efetua assexuadamente através da ramificação dos rizomas, e dependendo da maneira como essa ramificação ocorre, os bambus são classificados em dois grupos distintos: o grupo alastrante, no qual os colmos nascem e se desenvolvem *separados* uns dos outros, e o grupo entouceirante, no qual os colmos nascem e se desenvolvem *agrupados* uns aos outros (PEREIRA; BERALDO, 2008).

O tipo alastrante, também é chamado *leptomorfo* ou *monopodial*, cresce em zonas temperadas; já o entouceirante, também conhecido como *paquimorfo* ou *simpodial*, cresce em zonas tropicais. Bambus de rizoma leptomorfo são geralmente distribuídos em regiões temperadas, como Japão, Coréia e China, onde os invernos são mais severos. São caracterizados pela resistência ao frio intenso, e consequentemente podem ser cultivados em elevadas altitudes dos trópicos. O tipo de rizoma paquimorfo é típico de zonas tropicais das Américas, Ásia, África e Oceania, e engloba espécies que não resistem a temperaturas muito baixas. Bambus com este tipo de rizoma são representados nas Américas pelo gênero *Guadua*, e na Ásia tropical pelo gênero *Dendrocalamus* e *Bambusa* (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). A Figura 8 apresenta a estrutura dos bambus do tipo paquimorfo e leptomorfo.

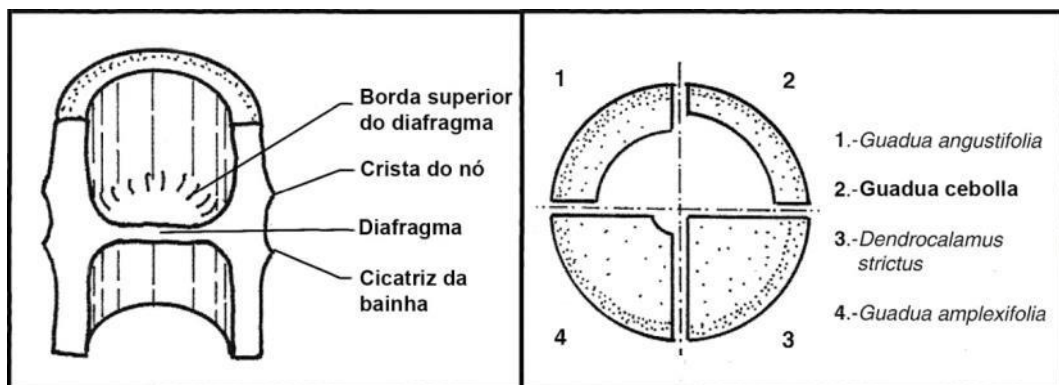
Figura 8. Estrutura dos bambus do tipo paquimorfo e leptomorfo.



Fonte: Adaptado de Hidalgo-López (2003)

Hidalgo-López (2003) informa que os nós são importantes centros de atividade morfogenética e de crescimento intercalado, e raízes e galhos emergem somente dos nós, que consistem em cicatriz da bainha, crista do nó, diafragma e internó. Já os internós são delimitados pela cicatriz da bainha, que marca na face exterior do colmo a intersecção entre a bainha ou a folha caulinar e o próprio colmo. Os internós são menores na base e no topo do colmo, e geralmente são mais longos na parte do meio do colmo. A Figura 9 mostra a morfologia do nó e diferentes espessuras de parede de colmo.

Figura 9. Morfologia do nó e diferentes espessuras de paredes.



Fonte: Adaptado de Hidalgo-López (2003)

A maioria das espécies de bambu tem colmos de seção circular, mas existem também espécies que apresentam naturalmente colmos quadrados, sendo que na China antiga existiam também espécies com colmos triangulares (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Apesar de existirem algumas espécies com formatos diferentes do normalmente cilíndrico, é válido ressaltar que o colmo pode ser deformado artificialmente.

Padovan (2010) relata que externamente o bambu possui uma camada de cera e internamente possui uma camada espessa lignificada, com numerosas células esclerenquimáticas (feixes de fibras), sendo assim constituída:

- Parênquima: é o tecido básico do colmo e representa de 40% a 60% de sua composição; sua distribuição, no eixo do colmo, tem concentrações diferentes, com 60% na base e 40% na parte apical; tem função de estocar nutrientes e água, podendo armazenar quantidades significativas de amido;
- Fibras: são as principais responsáveis pela resistência mecânica dos colmos; nos internós, estão orientadas paralelas ao eixo de crescimento, e representam de 40% a 50% do tecido total do colmo e de 60% a 70% de sua massa; a quantidade de fibras aumenta da base em direção ao topo.

A Tabela 03 contém a distribuição dos elementos anatômicos nas camadas internas, intermediárias e externas do colmo de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*.

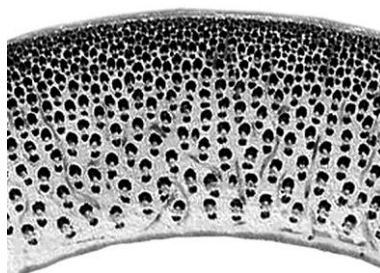
Tabela 3. Distribuição dos elementos anatômicos do bambu *Dendrocalamus giganteus*.

	Vasos	Fibras	Parênquima
Camadas do colmo	%	%	%
Interna	11	16	73
Intermediária	9	32	59
Externa	8	55	37

Fonte: Adaptado de Rivero (2003)

Na Figura 10, pode-se observar a distribuição dos elementos anatômicos da espécie de bambu *Dendrocalamus giganteus*, onde as regiões mais escuras representam os feixes de fibra e as mais claras representam as células parenquimáticas (RIVERO, 2003). Pode-se notar nitidamente que a densidade de fibras não é uniforme através da seção transversal do bambu, sendo mais elevada na periferia da parede, ou seja, nas regiões mais próximas à casca. Essa distribuição entre os elementos anatômicos do bambu também é variável ao longo da altura do colmo.

Figura 10. Distribuição anatômica das fibras do bambu.



Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo fato de nas regiões mais próximas à casca ocorrer maior densidade de fibras, elas abrigam as partes da parede do bambu com maior resistência mecânica. Essa é uma informação

muito importante a se levar em consideração antes do processamento dos colmos para a retirada de ripas laminadas (GRECO; CROMBERG, 2011). Além deste fator, é válido salientar que as propriedades mecânicas dos bambus dependem de diversos fatores, como: espécie; idade em que foi colhido; teor de umidade; posição ao longo do colmo (topo ou base); posição dos nós e internós, pois resulta em diferentes características, já que os nós são menos resistentes em compressão e dificultam a curvatura (JANSSEN, 1999).

De acordo com Liese (1998) e Lopez (2003) (in MARINHO *et al.*, 2012), as propriedades físicas e mecânicas dos bambus estão correlacionadas com as suas propriedades químicas e anatômicas, destacando-se o teor de lignina e a espessura das paredes celulares. A composição química do bambu varia conforme a espécie, as condições de crescimento, a idade e a região do colmo (base, meio ou topo). Já Higuchi (1990, in MARINHO *et al.*, 2012), informa que a composição do bambu é semelhante à da madeira, com exceção dos extratos alcalinos, cinzas e sílica, que são mais elevadas no bambu. Segundo Liese (1998, in PEREIRA; BERALDO, 2008), os principais constituintes químicos do colmo de bambu são carboidratos, determinados como: celulose, hemicelulose, lignina e, em menores quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. Após a celulose (55%), a lignina (25%) é o constituinte mais abundante do bambu.

A lignina apresenta extrema importância na composição das plantas, pois além de desempenhar diversas funções como depósito de substâncias, proteção contra microorganismos e impactos, de acordo com Manríquez e Moraes (2009), Hariki, Vieira e Santos (2012) e Marinho *et al.* (2012), ela também proporciona às plantas propriedades de rigidez e resistência às paredes celulares.

Segundo Klock *et al.* (2005, in PELOZZI, 2012), a lignina é um polímero amorfo responsável por aumentar a rigidez da parede celular, unir as células umas as outras e reduzir a permeabilidade da parede celular em relação à água, e a partir do momento em que a lignina é “plasticizada” (transição vítrea), com umidade e/ou calor, ocorre a liberação das tensões internas da madeira. A transição vítrea é a passagem de um estado desordenado rígido (vítreo) de um polímero, para um estado desordenado ainda maior, no qual as cadeias poliméricas possuem maior mobilidade. Tal mobilidade, no caso de alguns polímeros naturais como a hemicelulose, a celulose e a lignina, origina um comportamento menos rígido. Ou seja, como a lignina e a hemicelulose são polímeros amorfos e essencialmente termoplásticos, seu ponto de amolecimento é aquele da transição vítrea (MANRÍQUEZ; MORAES, 2009).

Sabe-se que a transição vítrea da madeira está vinculada à sua temperatura e ao seu teor de umidade. Chan *et al.* (1989, in PELOZZI, 2012) mostram que a temperatura de transição vítrea da lignina para a madeira seca e quando a 14,5% de umidade, para a espécie seringueira, é de 128 °C e 77 °C, respectivamente. Para várias espécies, a transição vítrea da lignina *in situ*, no ponto de saturação das fibras, ocorre em zona compreendida entre 60 °C e 90 °C (IRVINE, 1984, in MANRÍQUEZ; MORAES, 2009). O ponto de saturação de fibras em madeira varia conforme a espécie, entre 28% e 30%, sendo comumente aceito como 30%, enquanto que nos bambus este valor é influenciado pela composição dos tecidos e varia, entre as espécies, numa faixa de 13% a 20% (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

2.3.2. Tratamentos Preservativos

O bambu é um material biológico com grande presença de amido, e por isso está sujeito ao ataque de insetos e fungos, e deve, portanto, passar por um tratamento preservativo a fim de garantir a sua durabilidade. O colmo do bambu contém uma grande quantidade de células

parenquimáticas (cerca de 52%) que são preenchidas de amido nutritivo, o que determina, em grande parte, sua susceptibilidade ao ataque de brocas e fungos (LIESE, 2004).

Azzini e Beraldo (2001, in PEREIRA; BERALDO, 2008) informam que os tratamentos preservativos do bambu são separados em dois métodos: tradicionais e químicos. Os tradicionais subdividem-se em: maturação ou cura no local da colheita, cura por imersão, por fogo e por fumaça; já os métodos químicos podem ser subdivididos em: oleosos, oleossolúveis, hidrossolúveis, imersão em solução de sais hidrossolúveis e substituição de seiva por sais hidrossolúveis. Os métodos químicos são mais eficientes do que os métodos tradicionais, e quando bem conduzido, protegem os colmos contra o ataque de carunchos, além de aumentar a durabilidade dos colmos quando em contato com o solo (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Dentre os métodos químicos, um dos mais comuns é o tratamento por imersão, que pode ser aplicado tanto aos colmos recém-cortados ou então àqueles que tenham sido secos ao ar. A duração do tratamento depende da espécie de bambu, das dimensões do colmo, da concentração da solução, dentre outros fatores. Atualmente, para o tratamento químico de colmos de bambu, existe a tendência de utilização de duas substâncias preservativas distintas. Uma delas é o *borato de cobre cromatado* (CCB), que pode tanto ser produzido artesanalmente como adquirido em estabelecimentos comerciais, e a outra substância, consiste em uma solução que visa minimizar a degradação ambiental decorrente do uso de metais pesados, pois se baseia na combinação do ácido bórico com o bórax (um sal à base de boro) (ESPELHO, 2007).

A solução de ácido bórico e bórax é mais ecológica do que a maioria dos preservativos de madeira correntemente usados. É uma substância em pó branca, sem odor, de baixa toxicidade ao contato, e que não é inflamável, combustível ou explosiva. Este produto não apresenta perigo ao decompor-se, e penetra e se propaga pelo bambu, ou madeira, de maneira mais rápida e eficiente do que somente o ácido bórico. A solução é atóxica ao meio-ambiente, porém é altamente salina. Quando uma quantidade moderada do produto é absorvida pelo solo, ela é filtrada ao ponto que não polui os lençóis freáticos, e quando diluído em maior quantidade de água, a solução pode ser usada como herbicida em terraços e calçadas (ENVIRONMENTAL BAMBOO FOUNDATION, 2005).

2.3.3. Espécies Utilizadas no BLaC

Apesar das inúmeras espécies e usos possíveis do bambu, é necessário ressaltar o fato de que não existe uma só espécie capaz de abranger todas as aplicações possíveis. O que existe são espécies mais indicadas para um determinado tipo de exploração ou aplicação, pois enquanto algumas são ideais para a produção de brotos comestíveis, outras o são para a fabricação de celulose e papel, e enquanto algumas são insubstituíveis na confecção de artesanatos e móveis, outras são resistentes o suficiente para serem empregadas em qualquer tipo de construção (GRECO; CROMBERG, 2011).

Do ponto de vista do aproveitamento do bambu, o colmo é a parte mais importante da planta, já que é a matéria-prima utilizada para a maioria das atividades onde o bambu é empregado. Sendo assim, as características do colmo representam o principal critério para a escolha da espécie a ser cultivada para fins comerciais. A seguir são listadas algumas das propriedades do bambu que, de acordo com Janssen (1999), determinam seu melhor uso, e com um entendimento razoável destas informações o usuário pode escolher os bambus mais apropriados para o que deseja: a altura do colmo, que é a altura total do colmo durante sua vida; a altura útil do colmo, que é a distância da base até uma certa altura onde o diâmetro se torna muito pequeno; o diâmetro externo na base e no

topo; a espessura da parede, nestes mesmos dois locais; a distância dos internós; a retidão dos colmos; as propriedades mecânicas; e sua durabilidade natural.

Para a fabricação de BLac são necessários bambus de grande porte, com parede espessa, por isso, as espécies mais utilizadas são: *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus latiflorus*, *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* e *Phyllostachys pubescens* (MOIZÉS, 2007). As Tabelas 4 a 8 contêm uma descrição das principais características das espécies acima citadas, a partir de um cruzamento das informações fornecidas por Pereira e Beraldo (2008), Greco e Cromberg (2011) e Rao, Rao e Williams (1998).

Tabela 4. Principais características da espécie *Guadua angustifolia*.

<i>Guadua angustifolia</i>	
NOME BOTÂNICO	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth
SINONÍMIA	<i>Bambusa guadua</i> Humb. & Bonpl.; <i>Guadua aculeata</i> Rupr. Ex E. Fourn.
NOMES COMUNS	Guadua
DESCRIÇÃO	Bambu gigante entouceirante, de elevado porte, cor verde escuro com faixas brancas nos nós, apresenta folhas de tamanho médio e espinhos nas gemas, com elevadas propriedades mecânicas e grande durabilidade natural dos colmos, sendo muito importante para a economia rural na Colômbia e no Equador.
ALTURA DOS COLMOS	Até 30 m
DIÂMETRO DOS COLMOS	Até 20 cm
ESPESSURA DA PAREDE	Entre 1,5 e 2 cm
CLIMA E SOLO	Clima tropical; solos médios a ricos; cresce ao longo de rios e colinas.
TEMPERATURA MÍNIMA	-2 °C
DISTRIBUIÇÃO NATURAL	América do Sul, incluindo a região norte do Brasil, até o Panamá.
USOS MAIS COMUNS	Bambu estrutural, resistente e de qualidade superior, apresenta múltiplos usos, principalmente no meio rural; extensivamente utilizado como material de construção para casas de baixo custo no Equador e Colômbia; usado para mobiliários diversos e artesanato; bastante utilizada na obtenção de produtos a partir da laminação dos colmos; pode ser utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas.
PESQUISA ATUAL	Preservação dos colmos e propriedades físicas.
USO POTENCIAL	Valioso para plantio em colinas e preservação de solo.
NECESSIDADE DE TRABALHOS	Coleção e conservação; viabilidade de espécies; manejo sustentável de plantios; tecnologia de reprodução (propagação); alimento (brotos).
PROPAGAÇÃO	"chusquín", ramo lateral, colmo enterrado, copinho, "rendas".

Figuras 11 a 13. *Guadua angustifolia*.



Fontes: <http://www.bambooinvitro.com>
<http://hawaiianparadisecoop.files.wordpress.com>
<http://www.bambooinvitro.com>

Tabela 5. Principais características da espécie *Phyllostachys pubescens*.

<i>Phyllostachys pubescens</i>	
NOME BOTÂNICO	<i>Phyllostachys pubescens</i> Mazele x J. Houz.
SINONÍMIA	<i>Phyllostachys edulis</i> (Carrière) J. Houz.; <i>Phyllostachys heterocyclus</i> (Carrière) Matsumura.
NOMES COMUNS	Bambu mossô, mossô, mosô, mosô.
DESCRIÇÃO	Espécie alastrante com colmos de médio a grande porte, nativa da China, com cerca de 70 espécies conhecidas. Apresenta colmos fortes, retos e vigorosos, adequados para ornamentação e construção. Brotos comestíveis. É a espécie mais cultivada e utilizada comercialmente na China.
ALTURA DOS COLMOS	Entre 10 e 25 m
DIÂMETRO DOS COLMOS	Até 18 cm
ESPESSURA DA PAREDE	Média
CLIMA E SOLO	Espécie de clima temperado, suportando baixas temperaturas; prefere solos ricos em matéria orgânica, porém se adapta a diversos tipos de solo.
TEMPERATURA MÍNIMA	-15 °C
DISTRIBUIÇÃO NATURAL	China, Japão, Coreia e Vietnã.
USOS MAIS COMUNS	Material de construção; alimento (broto); implementos agrícolas; utensílios domésticos.
PESQUISA ATUAL	Variados tipos de pesquisa estão em progresso, principalmente na China, incluindo: distribuição, características, silvicultura, cultura <i>in vitro</i> , propriedades físico-mecânicas.
USO POTENCIAL	Reabilitação de solos degradados e sistemas agroflorestais.
NECESSIDADE DE TRABALHOS	Seleção para uso industrial; material de construção e produção de brotos; conservação e exploração; análise das diferentes variedades e seus respectivos tipos de solo.
PROPAGAÇÃO	Divisão de rizoma

Figuras 14 a 16. *Phyllostachys pubescens*.

Fontes: CD em Pereira e Beraldo (2008)

<http://www.scottishbamboo.com><http://www.exotic-plants.de>

Tabela 6. Principais características da espécie *Dendrocalamus giganteus*.

<i>Dendrocalamus giganteus</i>	
NOME BOTÂNICO	<i>Dendrocalamus giganteus</i> Munro
SINONÍMIA	<i>Bambusa gigantea</i> Wallich; <i>Sinocalamus giganteus</i> (Munro) A. Camus.
NOMES COMUNS	Bambu gigante, bambu balde.
DESCRIÇÃO	Espécie de bambu gigante entouceirante, de grande porte. Cor verde azulada escura. Originário da Tailândia é mais conhecido como bambu gigante e é considerado um dos maiores bambu do mundo. Os colmos são extremamente fortes e a parede é espessa. Os brotos são muito apreciados.
ALTURA DOS COLMOS	Entre 24 e 40 m
DIÂMETRO DOS COLMOS	Entre 10 e 20 cm
ESPESSURA DA PAREDE	Entre 1 e 3 cm
INTERNÓS	Entre 40 e 50 cm
CLIMA E SOLO	Regiões tropicais úmidas até regiões subtropicais; usualmente prefere solos ricos.
TEMPERATURA MÍNIMA	-2 °C
DISTRIBUIÇÃO NATURAL	Myanmar e Tailândia; espécie introduzida na Indonésia, Malásia, Filipinas, Sri Lanka, Bangladesh, Nepal e China.
USOS MAIS COMUNS	Muito usado em construções e para confecção de bambu laminado colado. Polpa e papel, utensílios domésticos, mobiliário e alimento (broto).
PESQUISA ATUAL	Em vários setores, incluindo informações básicas como propriedades físico-químicas e mecânicas.
USO POTENCIAL	Produção de brotos; expansão da indústria de laminado colado.
NECESSIDADE DE TRABALHOS	Manejo e cultivo, levantamento da diversidade populacional e melhoramentos.
PROPAGAÇÃO	Colmo enterrado, copinho, escudinho, ramo lateral.

Figuras 17 a 19. *Dendrocalamus giganteus*.

Fontes: <http://www.bamboo4u.com>
http://geoo.ucoz.kz/_pu/1/00660721.jpg
<http://thai-bamboo-seeds.blogspot.com.br>

Tabela 7. Principais características da espécie *Dendrocalamus latiflorus*.

<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	
NOME BOTÂNICO	<i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro.
SINONÍMIA	<i>Bambusa latiflora</i> (Munro) Kurz.; <i>Sinocalamus latiflorus</i> (Munro) McClure.
NOMES COMUNS	Latiflorus
DESCRIÇÃO	Espécie de bambu entouceirante de médio porte, parede de espessura média e brotos muito saborosos, originária das regiões sul da China e de Taiwan. Os colmos são de uma tonalidade suave de verde e possui longos internós.
ALTURA DOS COLMOS	Entre 20 e 25 m
DIÂMETRO DOS COLMOS	Entre 8 e 20 cm
ESPESSURA DA PAREDE	Entre 1 e 3 cm
INTERNÓS	Entre 35 e 45 cm
CLIMA E SOLO	Regiões tropicais úmidas até regiões subtropicais; usualmente prefere solos ricos.
TEMPERATURA MÍNIMA	-4 °C
DISTRIBUIÇÃO NATURAL	Myanmar e cultivado na China e Taiwan; espécie introduzida nas Filipinas, Indonésia, Tailândia, Índia, Vietnã e Japão.
USOS MAIS COMUNS	Construção, alimento (brotos), mobiliário, varetas, cestos, papel e polpa, artesanato e ornamental.
PESQUISA ATUAL	Melhoramento para a produção de brotos.
USO POTENCIAL	Cultivo em áreas de solo arenoso e argiloso.
NECESSIDADE DE TRABALHOS	Estudos sobre doenças, conservação e desenvolvimento de cultivares.
PROPAGAÇÃO	Colmo enterrado, copinho.

Figuras 20 a 22. *Dendrocalamus latiflorus*.

Fontes: <http://www.bambooland.com.au>
<http://www.byronbamboo.com.au>
<http://www.guaduabamboo.com>

Tabela 8. Principais características da espécie *Dendrocalamus asper*.

<i>Dendrocalamus asper</i>	
NOME BOTÂNICO	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult f.) Backer ex Heyne.
SINONÍMIA	<i>Bambusa aspera</i> Schultes f.; <i>Dendrocalamus merrillianus</i> (Elmer) Elmer.
NOMES COMUNS	Bambu gigante, bambu balde, asper.
DESCRIÇÃO	Espécie de bambu gigante entouceirante, de grande porte, muito usado em construção, devido à sua resistência e durabilidade. Os nós inferiores possuem um círculo de radículas. Considerada uma das melhores espécies para produção de brotos comestíveis, sendo inclusive, explorada comercialmente para esse fim.
ALTURA DOS COLMOS	Entre 20 e 30 m
DIÂMETRO DOS COLMOS	8 a 20 cm
ESPESSURA DA PAREDE	Entre 1 e 2 cm
INTERNÓS	Entre 20 e 45 cm
CLIMA E SOLO	Regiões úmidas e semiáridas; solos ricos e altitudes de até 1.500 m.
TEMPERATURA MÍNIMA	-3 °C
DISTRIBUIÇÃO NATURAL	Índia; Tailândia; Vietnã; Malásia; Indonésia; Filipinas. Distribui-se também em outras regiões tropicais e subtropicais.
USOS MAIS COMUNS	Construção pesada, alimento (brotos), móveis, instrumentos musicais, varetas, artesanato, utensílios domésticos.
PESQUISA ATUAL	Propagação vegetativa e por cultura de tecidos (in vitro); manejo para produção de brotos; preservação dos colmos; regeneração de solos degradados.
USO POTENCIAL	Sistemas agroflorestais e laminado colado.
NECESSIDADE DE TRABALHOS	Coleção e conservação; cultivares mais antigos; seleção para melhoramentos dos brotos; manejo em solos diversos e manejo para produção contínua de brotos; aumento da área cultivada; estudos sobre as propriedades físicas, químicas e mecânicas para produção de laminado colado.
PROPAGAÇÃO	Colmo enterrado, copinho, escudinho, ramo lateral.

Figuras 23 a 25. *Dendrocalamus asper*.

Fontes: <http://www.bambooweb.info>
<http://www.flickr.com/photos/72793939@N00/6611562105/>

2.3.4. Bambu Industrializado

Observando-se globalmente o uso do bambu, veem-se duas direções principais. A mais usada, e convencional, é do bambu em sua forma *in natura*, que é muito útil e pode ser aplicada desde a fabricação de utensílios domésticos, até na construção civil. O lado negativo é que o bambu *in natura* é de difícil padronização devido às suas dimensões irregulares, e também é suscetível a rachaduras durante sua secagem, o que acaba por transformar a geometria do bambu, diminuindo sua capacidade estrutural. O outro tipo de uso para o bambu é na forma processada, ou industrializada, a qual pode envolver a divisão do bambu até seus elementos fibrosos, e posteriormente pode-se obter novas formas geométricas, como requerido por normas, após tais processamentos o bambu adquire uma aparência completamente distinta do bambu *in natura* (XIAO; INOUE; PAUDEL, 2008).

Designers contemporâneos têm explorado com sucesso as possibilidades que o bambu permite, desenvolvendo produtos inovadores e de alta qualidade. A maioria dos designers tem usado o bambu reconstituído com uma abordagem altamente tecnológica, por meio da qual as conotações negativas associadas aos produtos de bambu *in natura*, como “rusticidade”, “baixo custo”, “qualidade ruim”, etc., são eliminadas (REUBENS, 2010). Ao se fazer isto, possibilita-se ao mercado vislumbrar os produtos livres destas associações negativas e se abre uma nova gama de oportunidades para os produtos de bambu.

Produtos à base de bambu processado (madeira de bambu) podem substituir, ou até mesmo evitar, o corte e o uso predatório de florestas tropicais, destacando-se produtos como carvão, carvão ativado, palitos, chapas de aglomerado, chapas de fibra orientada, chapas entrelaçadas para uso e fôrmas para concreto (compensado de bambu), painéis, produtos à base de bambu laminado colado (tais como pisos, forros, lambris), esteiras, compósitos, componentes para habitação e indústria moveleira, dentre outros.

Ganapathy *et al.* (1999) relatam que o primeiro registro da produção de painéis de bambu ocorreu na China, durante a Segunda Guerra Mundial, quando uma tecnologia simples foi desenvolvida para produzir painéis de esteiras de bambu, coladas com adesivo de caseína, como alternativa ao uso de chapas de madeira compensada no interior de aviões. Ao mesmo tempo, pesquisas estavam sendo desenvolvidas na Índia para desenvolver uma resina adesiva aplicável nos painéis de esteiras de bambu, mas esta tecnologia só tornou-se disponível uma década depois. Desde então, os esforços em pesquisa e desenvolvimento tem se concentrado na Ásia (China, Índia, Indonésia, Laos, Malásia, Filipinas, Taiwan-China, Tailândia e Vietnã), mas o Canadá em colaboração com a Costa Rica também tem desenvolvido algumas pesquisas com painéis de bambu, entre todas estas pesquisas já foram desenvolvidos cerca de 28 tipos de painéis, alguns de bambu, outros de bambu em combinação com outros materiais.

Em vista do aumento do interesse no Ocidente sobre a necessidade de um consumo sustentável, existem grandes possibilidades de o bambu se beneficiar com esta tendência. Além disto, uma vez que se estabelecer o bambu como material com forte potencial sustentável para o desenvolvimento de novos produtos, cada vez mais economias emergentes podem seguir tal tendência e reconhecer o bambu também como um material de ponta (VAN DER LUGT; VOGTLÄNDER; BREZET, 2009).

O bambu pode competir no mercado mundial ao ser recontextualizado em novas aplicações. Existe uma necessidade definitiva de se mudar a percepção comum do bambu de “madeira dos pobres”, e isso pode ser feito com a adição de valor através do design, combinação com outros materiais e maximização de suas propriedades como material ecológico e sustentável (REUBENS, 2010). Desenvolver novos métodos de produção e técnicas de processamento também são maneiras de se explorar as inúmeras possibilidades apresentadas pelo material bambu.

Devido à grande quantidade de fibras presentes no bambu, suas aplicações industriais como contraplacado ou o SWB apresentam propriedades mecânicas e estéticas competitivas com as madeiras folhosas e até melhores que as madeiras coníferas, considerando-se que o volume de produção anual deve ser maior para o bambu, graças a sua alta taxa produtiva. Generalizando, pode-se chegar a seguinte conclusão: o bambu cresce mais rápido que as madeiras coníferas e tem as propriedades das madeiras folhosas (VAN DER LUGT, 2008). Uma vez que os materiais industrializados de bambu ainda apresentam aproximadamente o mesmo preço que as madeiras de lei, que é mais elevado do que a maioria das madeiras coníferas, a melhor opção para o bambu seria inicialmente focar no mercado onde a madeira de lei é usada. E considerando o aumento na demanda por matérias-primas, incluindo madeira, e a diminuição das florestas por todo o planeta, os materiais a base de bambu podem servir como uma alternativa para preencher o vazio existente entre a oferta e a demanda de produtos sustentáveis em madeira de lei.

Aplicações de alta tecnologia têm grande demanda nos países desenvolvidos e mercados urbanos, porém, estas aplicações requerem insumos tecnológicos específicos e a maioria destas tecnologias não são disseminadas. Reubens (2010) destaca que inovações relacionadas, por exemplo, às fibras de bambu, fios de bambu, fibras de bambu com reforço plástico, painéis de bambu, laminado de bambu, etc., se encaixam dentro destes tipos de tecnologias.

Até o momento, os principais painéis industriais de bambu incluem os painéis entrelaçados, de laminados, partículas, fibras, lascas, os contraplacados, ondulados, folheados decorativos, piso e compósitos com outros materiais (YUMING; CHAOMAO, 2010). Em se tratando da nomenclatura utilizada para definir os derivados de bambu, é válido ressaltar a existência de certa confusão quanto aos nomes e termos utilizados, principalmente quando relacionados à fabricação de painéis. Ganapathy *et al.* (1999) ressaltam que a padronização dos termos e a produção de um glossário de termos usados na fabricação de painéis de bambu é urgentemente necessária. Por exemplo, “plywood”, “plybambu”, “strand board”, “blockboard”, etc., são usados para painéis produzidos dos mesmos derivados do colmo de bambu.

Baseado no tipo de derivado usado, Ganapathy *et al.* (1999) sugerem que os painéis podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Colmos convertidos em lâminas ou ripas, por corte ou serragem;
- Colmos fatiados em folhas;
- Colmos convertidos em partículas, fibras, lascas ou fios;
- Combinação de um ou mais dos derivados acima entre eles mesmos, ou com outros materiais, que podem ser madeira, materiais lignocelulósicos e substâncias inorgânicas.

Como até o momento não existe uma terminologia uniformizada ou normativa quanto aos derivados de bambu, neste trabalho serão adotados os seguintes termos e definições, usando como base a classificação acima descrita por Ganapathy *et al.* (1999):

- Bambu Laminado Colado (BLaC): camadas de ripas ou folhas de bambu dispostas com as fibras paralelamente uma em relação as outras.
- Compensado de bambu: camadas de ripas ou folhas de bambu dispostas com as fibras alternadamente em ângulo reto uma em relação às outras.
- MDF / Aglomerado de bambu: chapas a partir de partículas ou fibras.
- Compósitos à base de bambu e BLaC: união de bambu e outros materiais (madeira, plástico, etc.), além do adesivo.

2.3.5. Bambu Laminado Colado

Existem inúmeras chapas de bambu fabricadas em países como China, Índia, Vietnã, Malásia, Indonésia, Taiwan e Filipinas, sendo que uma dentre as mais utilizadas e encontradas é a de Bambu Laminado Colado (*Glued Laminated Bamboo*). Ultimamente, a fabricação de BLaC tem crescido nos países da América Latina, como o Equador, Costa Rica e Colômbia, que utilizam, com adaptações, a tecnologia produzida pela Ásia (PEIXOTO, 2010). O BLaC pode ser produzido tanto em escala industrial quanto em pequena escala, pois os equipamentos e maquinários utilizados para o processamento bambu e fabricação dos laminados podem ser de pequeno, médio e até grande porte (CARDOSO JUNIOR, 2008).

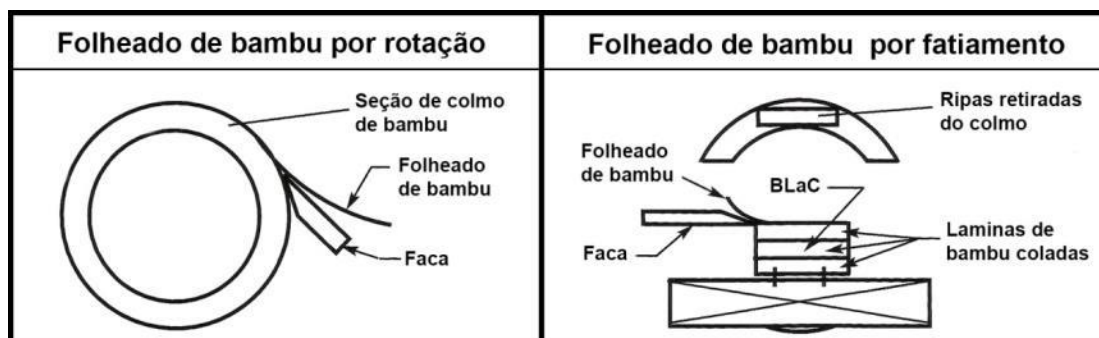
Como o foco desta pesquisa está no bambu laminado curvo, torna-se necessário detalhar as técnicas de obtenção das lâminas de bambu, assim como o método de fabricação do bambu laminado colado. Primeiramente, para se obter as lâminas de bambu, usa-se a técnica por corte (folheado) ou por serragem.

Com a técnica de corte, é possível obter lâminas, ou folhas de bambu, extremamente finas. O termo folheado é comumente aplicado a qualquer tipo de finas camadas ou folhas de madeira, cortadas de uma tora. Segundo Hidalgo-López (2003) e Moizés (2007), o folheado de bambu é usado na fabricação de contraplacados de bambu, composto com outras folhas mais espessas, e com propósitos decorativos para revestimento de madeiras inferiores.

O processo de folheamento do bambu, descrito por Reubens (2010), consiste primeiramente em se selecionar colmos com um grande diâmetro e parede espessa; em seguida, as seções do colmo são cozidas em água quente por cerca de 3h. Essas seções são geralmente internós, mas podem incluir até um máximo de 3 nós por seção. Após o cozimento, as peças são descascadas usando-se um cortador rotativo. O folheado é bem mais fraco na região dos nós, por isso recomenda-se o uso, se possível, somente dos internós. Os folheados resultantes apresentam geralmente 3m de comprimento, e se mostram semelhante aos gerados a partir da madeira, eles são usados, por razões estéticas, para revestimento de chapas de MDF e compensado.

Folheados também podem ser produzidos através do fatiamento de peças de bambu laminado, que para tal, são deixadas de molho em água para amolecer. Os folheados resultantes são revestidos com uma fina camada de resina plástica e utilizados para aplicações em interiores, divisórias, painéis, armários, entre outros (REUBENS, 2010). Os dois processos de folheamento são apresentados na Figura 26.

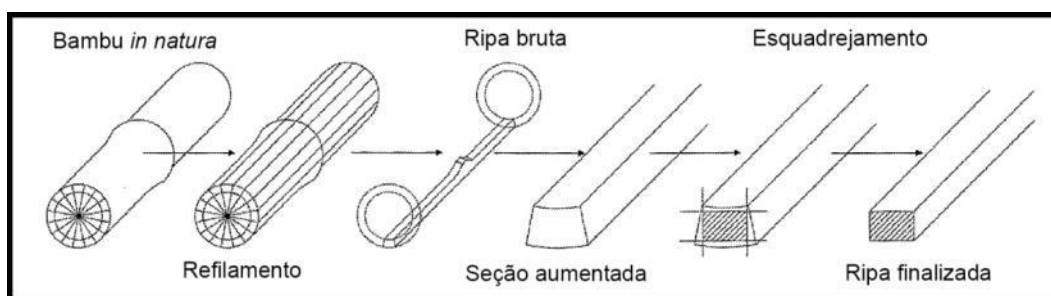
Figura 26. Obtenção do folheado de bambu por rotação e por fatiamento.



Fonte: Adaptado de Hidalgo-López (2003)

Já na técnica de laminação por serragem toda a espessura da parede do colmo é utilizada para produzir ripas mais grossas e planas. Como as lâminas possuem seções pequenas, unindo-se umas as outras é possível se atingir qualquer tamanho ou comprimento, da mesma maneira que se procede com a madeira laminada. O processamento do bambu em lâminas pode variar dependendo do maquinário e técnica utilizada. Zhaohua (2001) resume as etapas básicas do processo na seguinte ordem: colmos de bambu → corte em seções → divisão em ripas → aplainamento grosseiro → fervura → secagem → aplainamento fino. Já em Xiao, Inoue e Paudel (2008) são apresentadas as etapas da transformação do colmo em ripas laminadas, conforme mostrado na Figura 27.

Figura 27. Etapas do processamento do bambu.



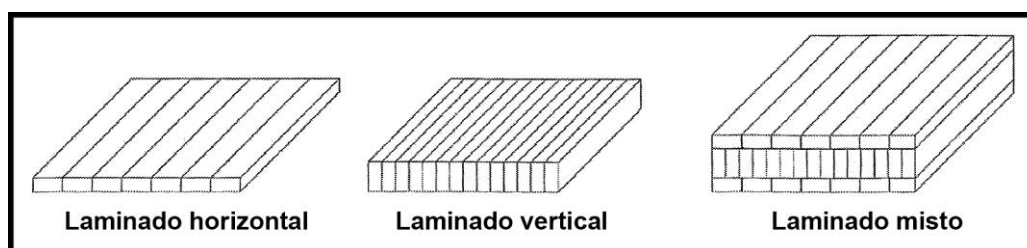
Fonte: Adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (2008)

Um dos métodos de processamento das lâminas utilizado por Ramos e Pereira (2014), adaptado de Pereira e Beraldo (2008), e de eficiência comprovada, consiste das seguintes etapas: desdobro em serra circular destopadeira; desdobro em serra circular refiladeira dupla; imersão das ripas em tanque com solução de octaborato de sódio para proteção contra insetos xilófagos; secagem ao ar; beneficiamento inicial das lâminas em serra circular e beneficiamento final em plaina duas faces, própria para bambu.

Laminados de bambu são produzidos com ripas de bambu, secas e tratadas, que foram aplainadas nos quatro lados. Uma vez que isto é feito, elas são cobertas com adesivo, que geralmente é à base de ureia-formaldeído, mas também pode ser uma resina de origem vegetal, que são mais ecológicas, ou adesivos comuns para madeira como o Acetato de Polivinila (PVA). Para a aplicação dos adesivos, geralmente são utilizados rolos de pintura, devido a seu baixo preço, eficiência e estabilidade (BINYUAN; JINGYAN, 2001).

Os laminados de bambu podem abranger diversas camadas de ripas, tanto na vertical, como na horizontal, até que a espessura desejada seja atingida. O conjunto de lâminas, já com o adesivo, é então prensado até a cura do adesivo, que pode ocorrer a frio ou a quente. Após a cura do adesivo, as peças são finalizadas através de refilamento e lixamento. As lâminas de bambu também podem ser prensadas em fôrmas curvas, usando-se um molde com o desenho da curva desejada; neste caso, lâminas mais finas são recomendadas, de preferência com menos de 5 mm, para que a peça fique o mais fiel possível ao molde (REUBENS, 2010). A Figura 28 apresenta três formas básicas de colagem das lâminas para fabricação de um painel plano de BLaC.

Figura 28. Tipos de colagem plana de BLaC.



Fonte: Adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (2008)

De todas as aplicações do bambu processado, o bambu laminado é o que apresenta maior potencial, devido à sua solidez e à geometria versátil. O BLaC é comparável a outros produtos de madeira como vigas e treliças, e também é comparável a produtos de madeira processada, como laminados colados e folheados (XIAO; INOUE; PAUDEL, 2008). Materiais compostos como o bambu laminado colado e a madeira laminada colada se referem a diversas camadas de lâminas de bambu ou madeira, coladas com as fibras paralelas ou direcionadas no mesmo sentido, relata Hidalgo-López (2003). Laminação é um método prático para se obter alto grau de controle sobre as propriedades dos produtos feitos a partir desse método.

Os laminados são caracterizados como materiais compósitos, pois são formados de dois ou mais elementos com composições, estruturas e propriedades distintas, e que estão separados por uma interface. A madeira e o bambu são considerados compósitos naturais, e ao serem transformados em lâminas que, por sua vez, são unidas por os adesivos, originam produtos de natureza também compósita. A limitação das propriedades mecânicas apresentadas pela madeira e pelo bambu, quando em sua forma natural, é minimizada a partir do momento em que esses materiais são processados e transformados em um novo compósito (CARDOSO JUNIOR, 2008).

A remontagem do bambu para formar uma madeira sólida, o BLaC, obviamente, aumenta a densidade, mais até do que a de algumas madeiras. A densidade do BLaC é duas vezes mais elevado do que a do bambu *in natura*, e sua resistência aumenta quase 1,5 vezes. E a força de compressão paralela das fibras é de 50% a 60%, superior às madeiras de lei comerciais (XIAO; INOUE; PAUDEL, 2008).

Segundo Pereira e Beraldo (2008), estudos desenvolvidos por Rivero (2003) evidenciaram que as características físicas e mecânicas do BLaC são plenamente favoráveis ao uso desse material na indústria do mobiliário e de utensílios domésticos. Já Moizés (2007) ressalta que o BLC possui características estruturais e superficiais, portanto é um material, versátil, resistente e aplicável no design de produtos, interiores e construção civil. Talabgaew e Laemlaksakul (2007) e Ventura, Ramos

e Pereira (2013) também realizaram estudos que corroboram com as afirmações anteriormente citadas de Pereira e Beraldo e Moizés.

Talabgaew e Laemlaksakul (2007) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de verificar qual espécie de bambu é mais indicada para a produção de laminado colado, entre quatro espécies diferentes (*Bambusa blumeana* Schultes, *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus hamiltonii* Nees e *Dendrocalamus sericeus* Munro) e usando dois tipos distintos de adesivos (acetato de polivinila fortificado com ureia-formaldeído e somente o ureia-formaldeído). Os resultados mostraram que o *asper* e *sericeus* foram os mais recomendados para fabricação de BLaC.

Além dos trabalhos sobre as características físicas e mecânicas do BLaC, também pode-se encontrar alguns poucos trabalhos sobre os aspectos conotativos do BLaC, como a pesquisa realizada por Ventura *et al.* (2013) com o objetivo de verificar a percepção do usuário a respeito do BLaC através de pesquisa de diferencial semântico, com o propósito de auxiliar os designers na escolha da aplicação deste material em produtos industrializados ou semi-industrializados. A pesquisa foi realizada através de questionário e verificou-se uma percepção positiva acerca do material, caracterizando o BLaC como uma ótima opção de matéria-prima, quando considerada a percepção dos indivíduos sobre o mesmo, e demonstra o potencial de aceitabilidade que o bambu laminado pode ter por parte dos consumidores.

O BLaC curvo, também conhecido internacionalmente como *Parallel Curved Gluelam*, é produzido na China e usado para fabricação de mobiliário. As características estéticas das peças curvas de bambu, associadas às possibilidades de formas que podem ser geradas, agregam alto valor a este material na indústria moveleira. Dentre as espécies utilizadas, Ganapathy *et al.* (1999) apontam a *Phyllostachys pubescens* e a *Dendrocalamus latiflorus* como as mais apropriadas.

Uma característica apreciada pelos designers ao trabalhar com o bambu laminado, é sua maleabilidade. Ao se aquecer o material a lignina entre as fibras torna-se mole, facilitando a curvatura do material em ângulos que só a madeira de Faia consegue igualar, sendo esta uma das melhores madeiras para curvaturas. Já que o bambu apresenta uma elasticidade linear maior que a madeira, ele quebra com menos facilidade, por isso, a flexibilidade do bambu é uma propriedade que pode ser explorada muito bem como vantagem competitiva frente aos produtos de madeira. Em seus experimentos, Tejo Remy e René Veenhuizen (apud VAN DER LUGT, 2008) mostraram que finas tiras de “*Plybamboo*” (com 3 mm de espessura) podem até ser curvadas sem aplicação de calor, contanto que as peças sejam fixadas na posição curva final (Figura 29). Além dos experimentos de curvatura sem aplicação de calor, Remy e Veenhuizen também produziram um protótipo de cadeira com lâminas de bambu encurvadas com vapor (Figura 30).

Figura 29. Amostra de um assento de BLaC curvo feito com folheado de bambu.



Fonte: Van der Lugt (2008)

Figura 30. Protótipo de cadeira de Tejo Remy e René Veenhuizen.



Fonte: Van der Lugt (2008)

O BLaC pode ser usado pra fabricação de cadeiras, sofás, estantes, gabinetes, mesas, etc., sendo um excelente substituto para a madeira. Apesar de os móveis de bambu laminado serem relativamente novos, o mercado está crescendo rapidamente; atualmente, a China é o único local onde são produzidos, ainda em escala mediana, mas existe muito potencial, particularmente em se tratando de exportações para a América do Norte e Europa. Estes móveis são produzidos a partir de um material de fonte renovável, o que é de grande importância atualmente, além de ser um material versátil que permite a geração de uma ampla gama de formas e diferentes tipos de produtos (BINYUAN; JINGYAN, 2001).

No Brasil, em 2008, a empresa ORÉ BRASIL desenvolveu uma linha de móveis em BLaC, e segundo Szücs *et al.* (2010), utilizou o processo de fabricação que pode ser resumido da seguinte maneira: na serra circular destopadeira os colmos de bambu são seccionados em dimensões já pré-estabelecidas, passando então para a serra circular, onde os colmos são seccionados longitudinalmente, formando taliscas, que em seguida são passadas novamente na serra circular para a retirada de pontas e sobras encontradas na região dos nós; em seguida, as taliscas são passadas uma a uma em uma plaina desengrossadeira para que seja retirada a casca do bambu e as taliscas fiquem as mais planas possível; ao sair da serra desengrossadeira, passam pela serra circular,

onde são retiradas as sobras na largura, para que mantenham dimensões uniformes; as lâminas seguem para a plaina de quatro faces, onde são regularizadas suas seções retangulares, e posteriormente são levadas para tratamento com ácido pirolenhoso; após as lâminas serem tratadas, são passadas novamente na plaina de quatro faces para ficarem com as mesmas espessuras; por último, é feita a colagem e prensagem das lâminas, finalizando assim a transformação dos colmos de bambu em BLaC. A Figura 31 apresenta as lâminas sendo prensadas para uma colagem reta e outra curva, enquanto a Figura 32 mostra dois móveis produzidos pela empresa.

Figura 31. Lâminas sendo prensadas, após colagem.



Fonte: Szücs *et al.* (2010)

Figura 32. Móveis em BLaC desenvolvidos por Paulo Foggiato para a empresa Oré Brasil.



Fontes: http://c.imguol.com/album/poltronas_f_076.jpg
http://casasemchao.files.wordpress.com/2010/11/cadeira_lapa.jpg

No Laboratório de Experimentação com Bambu da UNESP, já foram realizados estudos de mobiliários curvos com BLaC, explorando diferentes desenhos de mobiliários e métodos de curvatura do BLaC, conforme apresentado a seguir.

Gaion, Paschoarelli e Pereira (2005) desenvolveram um estudo com os objetivos de verificar a possibilidade de desenvolvimento de um produto, concomitantemente à aplicação do bambu laminado e colado da espécie *D. giganteus* como matéria-prima alternativa no design. Os autores descreveram o estudo da seguinte maneira: ripas com largura de 30 mm foram cortadas com o comprimento de 510 mm e aparelhadas com uma espessura de 3 mm. Considerando-se as características do produto a ser confeccionado, foi desenvolvido um equipamento para curvar as lâminas de bambu que consistiu em um cano de metal submetido ao calor de um maçarico, onde as ripas, em contato com o cano, são aquecidas, facilitando assim a mobilidade e elasticidade de suas fibras. O raio de curvatura obtido com as ripas foi de aproximadamente 50 mm. Após a curvatura, as lâminas foram coladas umas às outras, com adesivo de madeira, até se atingir uma espessura de 30 mm e finalmente, o conjunto de lâminas foi prensado em um molde e mantido durante 48 h para cura do adesivo (GAION; PASCHOARELLI; PEREIRA, 2005). A Figura 33 mostra o processo de curvatura das lâminas e o protótipo finalizado.

Figura 33 – Curvatura das ripas de bambu e o banco finalizado.



Fonte: Gaion, Paschoarelli e Pereira (2005)

Lourenço e Pereira (2011) apresentaram o projeto e confecção de um protótipo de uma cadeira de lâminas de bambu, utilizando a espécie *D. giganteus*, onde foi usada uma estratégia de design para que não houvesse a geração desnecessária de resíduos do material. Para a fabricação do protótipo utilizou-se lâminas de bambu trançadas, assim como se confeccionou um molde aquecido para as colagens e curvaturas das lâminas. O molde, do tipo macho-fêmea, foi feito com madeira e tiras de alumínio, que são submetidas a altas temperaturas através de um sistema de aquecimento composto por resistências elétricas enroladas em uma pequena chapa de fibras de alta densidade. Algumas etapas do projeto assim como o protótipo finalizado são apresentados na Figura 34.

Figura 34. Etapas do projeto e o protótipo finalizado.



Fonte: Adaptado de Lourenço e Pereira (2011)

O projeto de Implantação da Rede Regional de Pesquisa e Desenvolvimento do Bambu, financiado pelo CNPq, teve como parte de seus objetivos aplicar os conhecimentos e tecnologias desenvolvidos na forma de protótipos de mobiliário, de chapas de partículas e de BLaC, tanto com peças retas, como curvas. Segundo Ramos e Pereira (2014), a confecção do BLaC exigiu a colheita de colmos adultos de bambu, da espécie *D. giganteus*, pertencentes à coleção existente no campus da UNESP-Bauru. Com as lâminas de bambu foram realizadas colagens e prensagens para a confecção do BLaC curvo por meio de moldes aquecidos, construídos exclusivamente para tal função. Cada um dos protótipos foi criado com um objetivo distinto, sendo que um banco e uma cadeira de descanso foram desenvolvidos para testar formas curvas e orgânicas. A Figura 35 apresenta os moldes desenvolvidos e os dois protótipos finalizados.

Figura 35. Moldes e protótipos finalizados.



Fonte: Ramos e Pereira (2014)

2.3.6. Incentivo ao uso do bambu no Brasil

No Brasil, o bambu ainda é pouco utilizado, quer seja pelo desconhecimento de suas espécies, características e aplicações, ou devido à falta de pesquisas específicas e à ineficiente divulgação das informações disponíveis. E aliado ao relativo desconhecimento das características e das propriedades do bambu no Brasil, outro entrave que ainda impede uma maior disseminação da utilização do bambu em larga escala, refere-se à ausência de fornecedores de colmos e de mudas em quantidades compatíveis com as necessidades do mercado (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Apesar de todos estes fatores que acarretam o subdesenvolvimento da cultura do bambu no Brasil, algumas iniciativas para reverter esta situação podem ser vistas tanto no meio acadêmico como no setor industrial, e também vale destacar o atual interesse governamental, que através da criação de leis e de um acordo entre o Brasil e a China, visa incentivar o cultivo, a produção, e os estudos acerca desta planta.

Dentre os incentivos gerados pelo governo brasileiro encontra-se a Lei de Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu - PNMCB, que tem por objetivo o desenvolvimento da cultura do bambu no Brasil por meio de ações governamentais e de empreendimentos privados (BRASIL. Decreto-Lei nº 12.484, de 8 de setembro de 2011). Os incentivos desta Lei destinam-se ao manejo sustentado das formações nativas e ao cultivo de bambu voltado para a produção de colmos, para a extração de brotos e obtenção de serviços ambientais, bem como à valorização desse ativo ambiental como instrumento de promoção de desenvolvimento socioeconômico regional (Anexo 1).

No ano de 2011 foi criado um acordo de cooperação bilateral entre Brasil e China na área de desenvolvimento em bambu, com o objetivo de promover, desenvolver e facilitar a cooperação entre participantes do Brasil e da China em áreas de interesse comum em ciência, tecnologia e inovação na área de desenvolvimento do bambu, em especial na pesquisa, desenvolvimento e produção para o desenvolvimento sustentável. Pelo acordo, é dada prioridade à colaboração que promova avanços em ciência, tecnologia, inovação especialmente em áreas estratégicas de interesse mútuo, tais como: a) Ciências agrícolas e tecnologia – botânica, produção de mudas, brotos, clones, carvão ativo ou não, ácido pirolenhoso e subprodutos; b) Tecnologia industrial – tratamento e preservação, máquinas e equipamentos, e produtos laminados; c) Tecnologia de valor agregado – construção, arquitetura, design, artesanato e decoração (Anexo 2).

Segundo Barelli (2009), as iniciativas de criação de leis e fomento demonstram a maturidade que a política nacional vem apresentando em relação ao desenvolvimento do uso do bambu nos diversos segmentos da sociedade, constituindo um importante passo para a sistematização de várias cadeias produtivas com base no bambu.

2.4. MADEIRA LAMINADA COLADA

Devido à escassa disponibilidade de material bibliográfico sobre o bambu laminado colado curvo e suas técnicas de produção, para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dados referentes à curvatura de madeira laminada, já que a madeira é o material que mais se aproxima do bambu em relação às suas características e processamento.

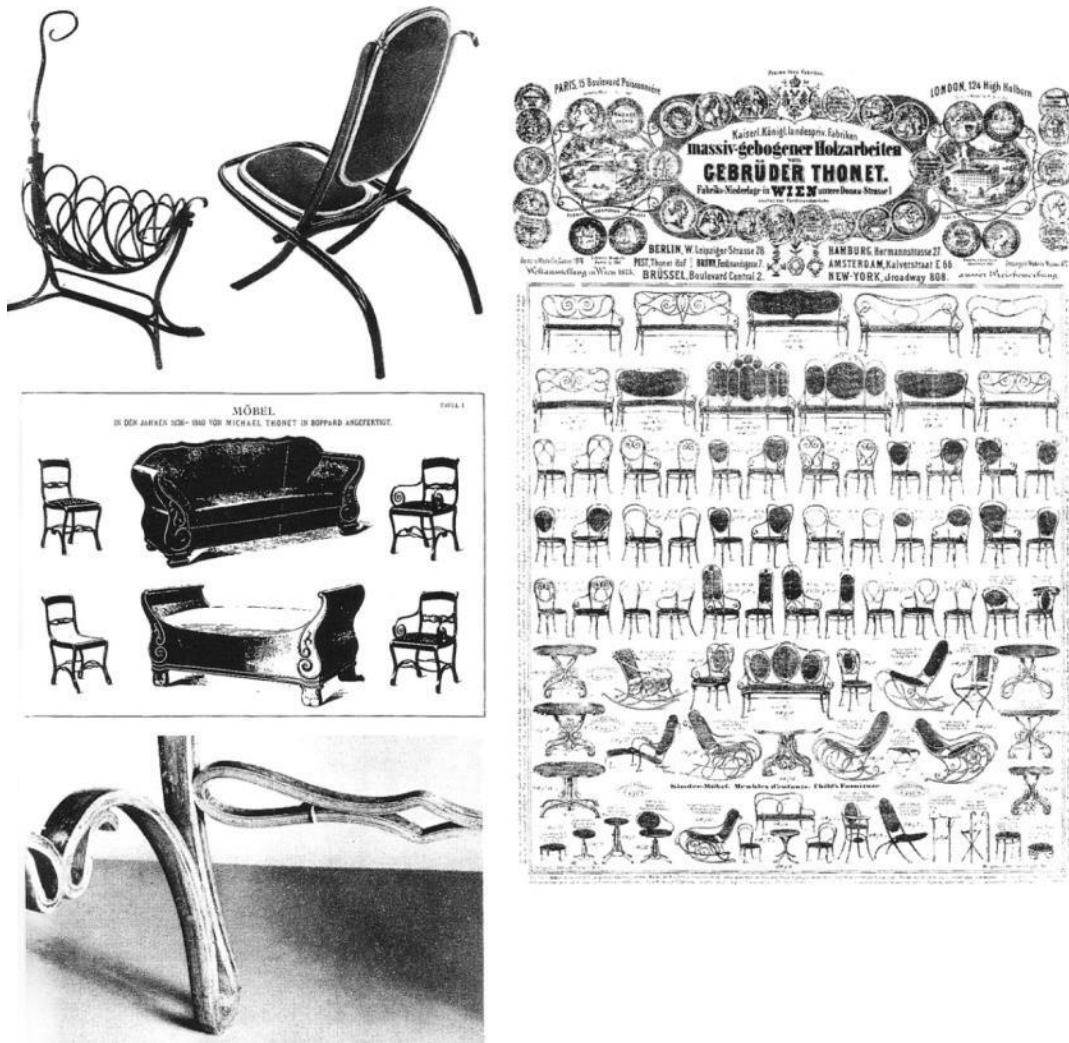
A Madeira Laminada Colada (MLC), como o próprio nome indica, foi concebida a partir da técnica da colagem aliada à técnica da laminação, ou seja, da reconstituição da madeira a partir de lâminas (SZÜCS, 2003). De acordo com Rivero (2003), a MLC pode ser definida como um elemento composto de lâminas de madeira, inferiores em tamanho ao lenho original, unidas por um adesivo em toda a sua extensão, e com as fibras das lâminas posicionadas paralelamente ao comprimento da peça. Tal elemento pode ser reto ou curvo, e de dimensões variadas, possibilitando uma infinidade de aplicações em projetos. Müller (2000) acrescenta que optar por uma peça de laminado traz consigo a possibilidade de vários perfis e espessuras de laminação.

Para a fabricação de uma peça de MLC é necessário unir-se as lâminas de madeira através da aplicação de um adesivo, logo, sob o ponto de vista estritamente técnico, a cola age como um aglomerante das lâminas, e sua função é a de realizar, entre dois planos de fibras, uma ligação mecânica a mais próxima possível da ligação existente naturalmente entre as fibras do material de origem (SZÜCS *et al.*, 2008). Na laminação, as camadas, quando coladas, agem como uma madeira sólida, expandindo e contraindo através das fibras (KELSEY, 2005).

O primeiro uso estrutural da MLC de que se tem notícia refere-se à construção de um auditório na Basileia, Suíça, em 1893. O método de colagem de lâminas utilizado ficou conhecido como *Hertzer System*, devido à patente obtida por Otto Karl Frederich Hertzer, em Weimar, Alemanha. Porém, somente após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento de adesivos sintéticos à prova de água a MLC começou também a ser empregada em construções sujeitas a intempéries, como pontes e passarelas (ABRANTES, 2012).

Historicamente, em se tratando da fabricação industrial de mobiliário com MLC, cabe a Michel Thonet (1796-1871) um papel pioneiro, pois conseguiu aproveitar novos processos técnicos de produção na marcenaria, para criação de formas mais simples (SCHNEIDER, 2010). Suas cadeiras do período entre 1830 e 1840, eram feitas quase inteiramente de ripas laminadas. A curvatura era feita mergulhando um maço de ripas em cola quente de origem animal, cada uma medindo aproximadamente 1/6 polegada, por uma polegada, por 84 polegadas. Uma vez que o conjunto estava completamente saturado do adesivo, ele era removido da solução e, antes que houvesse a cura do adesivo, era pressionado em um molde aquecido com as curvas desejadas. Depois que o laminado estava satisfatoriamente fixado no molde, o conjunto era deixado para esfriar e endurecer dentro do molde (KELSEY, 2005). Depois de várias horas, Thonet tinha uma peça de madeira curva que era mais barata, leve e mais durável do que qualquer coisa que ele poderia fazer esculpindo em madeira maciça. A Figura 36, do Museu de Tecnologia de Viena, mostra um conjunto de móveis feitos por Thonet entre 1830 e 1840.

Figura 36. Conjunto de móveis feitos por Thonet entre 1830 e 1840.



Fonte: Kelsey (2005)

Com o decorrer dos anos Thonet tentou diversas técnicas na tentativa de aperfeiçoar seu processo de laminação, e tentar desenvolver uma maneira de fazer curvas em mais do que em um único plano. Eventualmente descobriu que simplesmente torcendo-se a pilha de ripas, ele conseguia obter as curvas compostas que desejava. Superfícies retilíneas, quando torcidas, repousam em diferentes planos e, portanto, um laminado poderia ser facilmente curvado em mais de uma direção, dependendo da quantidade de torções que sofria (KELSEY, 2005).

O sucesso dos mobiliários desenvolvidos por Thonet era notável. Ele havia enviado cadeiras laminadas para diversos países, mas quando enviou sua primeira remessa para a América do Norte e do Sul, ele descobriu que a cola não suportava o calor prolongado e a excessiva umidade. Apesar de continuar a trabalhar para resolver estes problemas pela maior parte de sua vida, foi na curvatura de madeira maciça com vapor que Thonet encontrou a solução de seus problemas (KELSEY, 2005). Thonet teve que partir para a curvatura de madeira maciça, principalmente devido à ineficiência dos adesivos da época, mas com os desenvolvimentos tecnológicos desde então e o surgimento de novos adesivos, cada vez mais resistentes e fáceis de se trabalhar, este problema encontra-se superado.

Apesar de Thonet não ser o único no século 19 a usar técnicas de laminação e vapor para curvar madeira, ele certamente foi o mais bem sucedido. A simplicidade, eficiência e graça do

trabalho de Thonet, assim como as técnicas que desenvolveu, ajudaram a construir o caminho para os métodos modernos de produção em larga escala e serviu de inspiração para diversos designers durante o século 20. O desenvolvimento da MLC e do contraplacado permitiram a confecção de inúmeros móveis que marcaram o início do século 20, elevando o nome de designers e empresas, e explorando ao máximo a tecnologia da época para a fabricação destes objetos.

No Brasil, a Móveis Cimo S.A. se destacou no uso da laminação para produção de mobiliário. Criada pelos irmãos Zipperer, a Cimo representa um dos marcos mais significativo entre a herança artesanal e o início da produção seriada no Brasil. A empresa teve início em 1912, na cidade de Rio Negrinho (SC) e, em 1921, começou a confecção de cadeiras, cuja fábrica nasceu do aproveitamento das aparas de imbuia, para serem comercializadas nos centros urbanos, iniciando-se por São Paulo e Rio de Janeiro. Foi pioneira na introdução da tecnologia da laminação, diferenciando-se de seus concorrentes e de seus produtos (Figuras 37 e 38), durante anos, dominando o mercado nacional de móveis para instalações comerciais e institucionais, sendo a maior produtora de cadeira para cinemas do Brasil e pioneira na política de reflorestamento (MUSEU CASA BRASILEIRA, 2013).

Figura 37. Poltronas CIMO, 1940.



Fonte: <http://www.bolsadearte.com>

Figura 38. Sofá CIMO, década de 1940.



Fonte: <http://www.desmobilia.com.br>

Já no âmbito internacional, houve uma profusão de móveis de MLC e contraplacado, fazendo surgir modelos que marcaram época e tornaram Alvar Aalto, Breuer, Eames, entre outros, ícones do design.

Talvez o nome mais associado aos móveis em contraplacado e MLC seja de Alvar Aalto (1898-1976). No ano de 1924, Aalto casou-se com a designer Aino Marsio (1894-1949) e ao longo de cinco anos realizaram juntos experimentos com madeira curva, que conduziram a um revolucionário design de cadeiras na década de 1930. Optando pelo laminado de madeira e contraplacado como materiais de trabalho, Aalto passou a investigar a colagem de placas de madeira e os limites da moldagem do contraplacado, com Otto Korhonen, diretor técnico de uma fábrica de mobiliário próxima de Turku (FIELL; FIELL, 2001). Tais experiências resultaram nas cadeiras tecnicamente mais inovadoras de Aalto, a Nº 41 (1931/32) e a cantilever Nº 31 (1932) (Figura 39). Além destes dois modelos, sua *chaise-longue* Nº43 (1936), para a Artek, também ficou bastante conhecida (Figura 40).

Figura 39. Cadeira Paimio, Modelo Nº41 (1930–1931), e Cadeira de braços, Modelo Nº31 (1932).



Fonte: Fiell e Fiell (2001)

Figura 40. *Chaise-longue* Nº 43 (1936).



Fonte: Fiell e Fiell (2001)

A popularidade do mobiliário em contraplacado de Alvar Aalto refletiu diretamente nos desenhos de cinco peças de mobiliário em contraplacado desenvolvidos por Marcel Breuer (1902-1981) entre 1935 e 1937 (Figura 41), que ao mesmo tempo eram traduções dos seus desenhos para mobiliário em metal. Três anos mais tarde, Breuer também desenhou um conjunto de mobiliário de contraplacado para a Heal & Sons (FIELL; FIELL, 2001).

Figura 41. Cadeira de braços para a *Isokon Furniture Company*, 1936.



Fonte: Fiell e Fiell (2001)

O casal Eames também se tornou conhecido por seus mobiliários de laminado e contraplacado. Dentre os diversos trabalhos de Charles Eames (1907-1978) e Ray Eames (1912-1988) estão suas revolucionárias e premiadas propostas para assentos, que eram produzidas com duas novas técnicas - uma de moldagem de contraplacado de madeira em curvas complexas e, a outra, um novo tipo de soldagem, um processo de união eletrônica que permitia a junção de madeira e metal (FIELL; FIELL, 2001). Os modelos de cadeira LCW (Figura 42) e a cadeira Nº670 e otomana Nº671 (Figura 43) são algumas de suas produções mais famosas.

Figura 42. Cadeira LCW, 1946.



Fonte: http://item.rakuten.co.jp/chaoscollection/eames_lcw_walnut_p/

Figura 43. Cadeira Nº 670 e otomana Nº 671, 1956.



Fonte: Fiell e Fiell (2001)

Semelhante à Charles Eames, Eero Saarinen (1910-1961) promoveu uma forma humanizada de *Modernismo*, e ao fazê-lo tornou-se um dos mais importantes pioneiros do *Organic Design* (FIELL;

FIELL, 2001). Durante sua longa associação com a empresa Knoll, ele desenvolveu diversas peças de mobiliário, entre elas a cadeira Grasshopper e otomana, de 1946 (Figura 44).

Figura 44. Cadeira Grasshopper e otomana, 1946.



Fontes: http://media.liveauctiongroup.net/i/5765/8644123_1.jpg?v=8CC097FE683EF20
http://st.houzz.com/simcs/ee61884200ce873c_4-2319/contemporary-armchairs.jpg

Menos utilitárias, porém mais ergonômicas do que os modelos similares de *chaise-longue* Modelo Nº43 e da cadeira Modelo Nº406 de Alvar Aalto, eram a cadeira Eva (1934) e a *chaise-longue* Pernilla (1934) de Bruno Mathsson (1907-1988), produzidas com placas de madeira laminadas dobradas, cânhamo trançado e sólidos assentos de faia, como apresentado na Figura 45 (FIELL; FIELL, 2001).

Figura 45. Cadeira Eva e *chaise-longue* Pernilla, 1934.



Fonte: Fiell e Fiell (2001)

Geralmente, o processo de fabricação conduz a uma modificação substancial da forma e determina não só importantes transformações funcionais, mas também decisivas modificações

formais (DORFLES, 1990). Talvez o setor mobiliário seja o que mais reflita as profundas transformações que ocorrem em função de fatores tecnológicos. É interessante observar os modelos anteriormente apresentados e notar como a introdução do MLC e do contraplacado transformaram completamente as formas e estruturas dos móveis até então fabricados. Fica claro como se pode transformar o aspecto de um objeto tradicional e antiquíssimo com o uso de materiais diferenciados e novos métodos produtivos.

Seguindo o raciocínio previamente exposto, pode-se facilmente notar que o mesmo ocorre com os móveis de bambu, pois em sua grande maioria possuem uma aparência já bastante comum por estarem restritos às características estruturais e estéticas do bambu *in natura*, o que é facilmente visto nos conhecidos móveis de cana da Índia ou de bambu gigante. Porém, com a utilização do bambu laminado, e principalmente, com o BLaC curvo, tem-se toda uma nova gama de possibilidades de aplicações no setor moveleiro, assim como toda uma nova estética que vem acompanhada da valorização do material bambu, que desta maneira, passa a agregar valor (se comparado aos móveis de cana de Índia), significado (sustentabilidade), e a possibilidade da industrialização e produção em série destes móveis.

2.4.1. Curvatura de MLC

Antes do início deste capítulo, é necessário ressaltar um termo que foi definido para se usar neste trabalho. Durante a pesquisa bibliográfica sobre o processo de curvatura da madeira – em inglês *bentwood*, *bend wood* ou *wood bending* – foram encontradas diversos termos, variando de autor para autor, para definir este processo e seu produto resultante, como madeira curva, curvada, encurvada, vergada, dobrada ou arqueada. Portanto, fica aqui definido que qualquer uma destas definições tratam-se de sinônimos para o mesmo processo de modificar uma peça de madeira, ou bambu, que apresenta-se em linha reta para uma forma curva.

Segundo Taylor (2011), a madeira tem uma flexibilidade limitada em seu estado seco, por isso, para ser curvada, ela deve ser preparada, seja através de pequenos cortes dentados, laminação, fervura, vaporização ou tratamento com substâncias químicas, como a amônia. Todos esses métodos são capazes de aumentar a flexibilidade da madeira, e cada um tem suas vantagens e desvantagens.

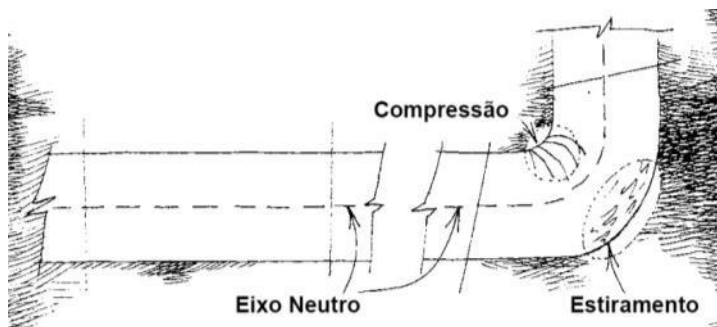
Em se tratando do processo de laminação, cozinhar as lâminas, encharcá-las ou vaporizá-las, as tornarão mais flexíveis, porém, criarão uma película que impedirá a adesão do adesivo nas mesmas. Neste processo, é necessária uma primeira prensagem sem a aplicação do adesivo e a posterior secagem das ripas, o que aumentará o tempo de fabricação e dificultará a posterior aplicação do adesivo, já que as lâminas não estarão mais retas, o que torna este método pouco eficiente para uma produção em série ou em larga escala.

A madeira tem uma habilidade natural de superar uma deformação e retornar a sua forma original assim que se retira a força aplicada sobre a mesma. Esta flexibilidade que permite a madeira voltar à forma original é fisicamente chamada de resiliência. No processo de curvatura, é necessário superar essa resiliência, para que se deforme o material (TAYLOR, 2011). Depois que se entorta uma peça, torna-se necessário fixar a mesma nesta posição, para que, somente então, o processo de curvatura seja bem sucedido. Schleining (2002) relata que uma laminação curva permanece curva devido ao adesivo, que uma vez curado, impede que as camadas deslizem de volta uma sobre as outras, ou seja, não há nada além da cola para evitar que as partes se endireitem novamente. Porém,

as colas modernas praticamente eliminaram o pesadelo do descolamento das lâminas, já que as linhas de cola geralmente são mais resistentes que a madeira em si.

Curvar madeira, seja a quente, a frio, com umidade ou a seco, é um processo que causa uma deformação na estrutura natural do material, estirando-o e comprimindo-o simultaneamente. Para esclarecer a aparente ambiguidade deste conceito: a curva, por mais suave, imposta numa peça naturalmente reta causa a compressão do material no lado côncavo, isto é, o “lado de dentro” do raio, enquanto, teoricamente, as fibras são esticadas no lado convexo, o “lado de fora” do raio. Esta situação presume um eixo neutro, ou estático, no centro da peça que não é nem comprimido nem estirado. Esta teoria se aplica a qualquer material flexível e é uma lei física (TAYLOR, 2011). Infelizmente, a madeira alonga muito pouco, e este fator limita a extensão que a curva pode ter. Em outras palavras, as fibras se rompem no lado de fora da curva quando sofrem uma tensão maior do que podem suportar. Na Figura 46, são representadas as linhas de compressão, estiramento e o eixo neutro de peças de madeira curvadas.

Figura 46. Linhas de compressão, estiramento e o eixo neutro em peças de madeira curvada.



Fonte: Adaptado de Kelsey (2005)

Segundo Stevens e Turner (2008), na laminação curva, tiras ou lâminas relativamente finas de madeira são unidas adjacentes umas as outras com as fibras aproximadamente paralelas, e todas são curvadas simultaneamente sobre uma fôrma curva. Nenhum tipo de trava é colocada nas pontas das lâminas, as quais ficam livres para deslizar durante o processo de curvatura. A curvatura completa consiste em uma série de curvaturas individuais, de cada lâmina, que são usualmente fixadas umas às outras através de adesivo colocado entre cada camada. As lâminas curvas não são mais capazes de deslizar individualmente assim que o adesivo cura, e desta maneira os movimentos relativos ficam tão restritos que praticamente nenhuma alteração posterior na forma da peça ocorre, e a peça curva, como um todo, fica rígida e fixa na posição.

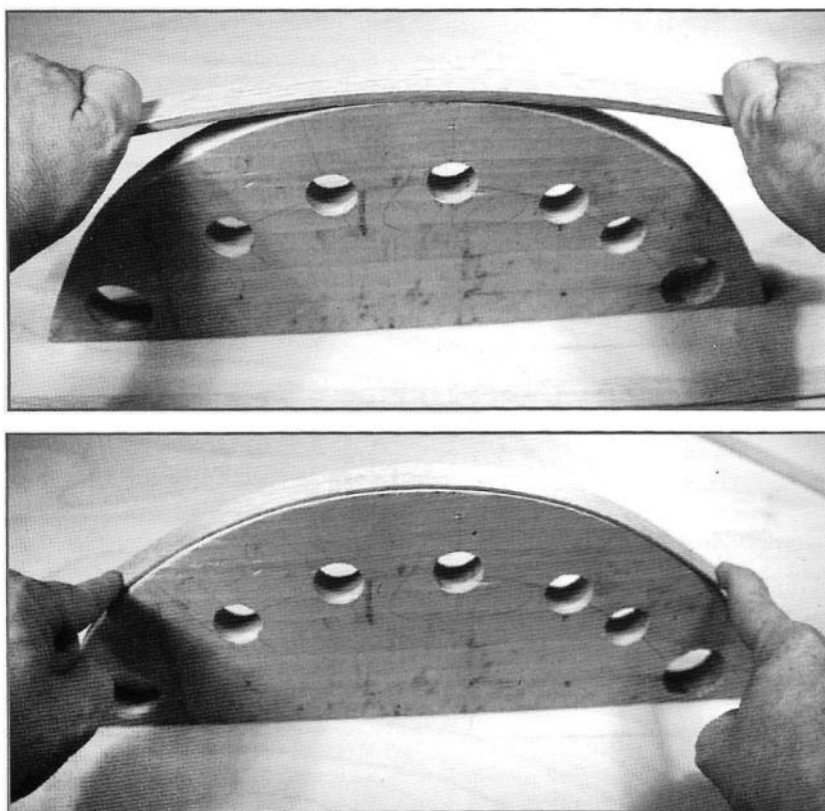
Schleining (2002) e Taylor (2011) relatam que existem diversas maneiras de se encontrar a espessura ideal das lâminas para uma determinada curva, havendo até tabelas de medidas e algumas fórmulas matemáticas já definidas para tal, mas os autores ressaltam que essas informações devem servir somente como um ponto de partida.

Taylor (2011) explica que mesmo não sendo a curvatura de madeira uma ciência precisa, existe uma fórmula “grosseira” para se calcular o raio possível de ser obtido com uma determinada espessura de ripa. Considerando-se uma espécie de uma polegada de espessura, curvada a frio, tal fórmula informa que se pode atingir um raio de 50 polegadas antes que ocorra a ruptura. Uma mesma espécie, se curvada a quente, pode atingir um raio de 12 polegadas e meia.

Na seleção da espessura de lâminas a serem curvadas, o fator mais importante a ser considerado é o raio de curvatura limite sobre o qual a madeira consegue ser curvada antes que ocorra sua ruptura. Em se tratando de madeiras laminadas (3,2 mm) com 12% umidade, curvadas a frio, Stevens e Turner (2008) apresentam valores para o raio mínimo possível, que vão de 91 mm para a *Juglan regia* até 279 mm para a *Eperua falcata*, e fica claro que existe uma variação considerável entre diferentes espécies. Estas informações foram compiladas de resultados de testes realizados no *Forest Products Research Laboratory* e indicam o raio de curvatura ao qual certas lâminas podem ser curvadas, e que não mais do que 5% do total de peças quebrem durante o processo. Os valores se referem a materiais de boa qualidade, curvadas a frio, secas ao ar, com fibras retas e livres de defeitos, e com o sentido das fibras paralelas ao comprimento da peça.

Apesar das fórmulas e dados citados para se definir a espessura mínima da lâmina a se curvar, a prática mais aceita é de que elas devem ser serradas o mais grossas possíveis, mas tão finas quanto necessário. Geralmente, quanto mais fina melhor, pois, lâminas finas colocam menos stress nas linhas de cola, tem menos retorno elástico e produzem uma peça mais resistente. Um método de baixa tecnologia, e quase infalível, para encontrar a espessura correta de lâmina para um determinado raio consiste em cortar uma única ripa do material e tentar curvá-la com a mão ao redor do raio em que se deseja trabalhar, como apresentado na Figura 47 - se a peça parecer tão rígida que possa quebrar, então está muito grossa (SCHLEINING, 2002). Cada lâmina deve ser fina o suficiente para ser curvada isoladamente ao redor do raio desejado. Assim, quanto menor for o raio, mais finas deverão ser as lâminas, e um maior número delas será necessário para se atingir a mesma espessura para uma determinada peça de MLC.

Figura 47. Testes de espessura da lâmina para uma determinada circunferência.



Fonte: Schleining (2002)

É importante ressaltar que Taylor (2011) e Stevens e Turner (2008) fornecem valores mínimos possíveis de serem obtidos para diversas espécies de madeiras, tanto a frio quanto a quente, porém, nenhuma espécie de bambu é listada pelos autores.

Uma vez que se estabeleceu a espessura correta das lâminas, deve-se cortar uma pilha suficiente para o tamanho necessário e mais um pouco, uma ou duas ripas extras preencherão de forma correta. O mesmo deve ser feito em relação à largura e o comprimento, pois depois que a cola curar, a peça será lixada e desbastada, e então será preciso material extra sobre o qual trabalhar (SCHLEINING, 2002). É importante garantir que as superfícies das ripas estejam lisas e a espessura uniforme. Sem a uniformidade da espessura uma pressão desigual será aplicada pela peça, o que levará a perda da resistência e linhas de cola disformes.

A laminação pode ser utilizada para se produzir peças de grande espessura, mas com pequenos raios de curvatura. A curvatura por laminação é mais fácil de estabilizar do que as produzidas com outros métodos de curvatura, pelo fato de o adesivo reter as lâminas na forma do molde. Mesmo assim, um pequeno retorno elástico (*springback*) deve ser antecipado quando a peça laminada for retirada do efeito contentor do molde (TAYLOR, 2011).

O tema do *springback* remete à maneira como a laminação curva funciona. Durante a curvatura, as lâminas deslizam uma sobre as outras, e assim que os grampos são liberados, as lâminas relaxam e tentam deslizar novamente para retornar à posição plana. Muitos tentaram fornecer uma solução científica para se definir previamente o retorno elástico que determinada peça apresentará, porém, no final, a tentativa e erro prevalecem.

A quantidade de retorno elástico que a peça terá é determinada por uma série de fatores, sendo o mais importante a quantidade total de lâminas que existem na estrutura. Dentre estes fatores, Schleining (2002) lista os seguintes para obtenção do menor retorno elástico possível: usar ripas finas; um número grande de camadas; raios de grandes dimensões; ângulos de arco pequenos; e materiais mais flexíveis.

Cada uma das técnicas de curvatura da madeira apresentam vantagens e desvantagens em relação umas às outras. Em se tratando da técnica de laminação, Schleining (2002) e Stevens e Turner (2008) destacam as seguintes vantagens:

- O laminado curvo possui grande resistência em qualquer ângulo do arco;
- Finas camadas de madeira propriamente coladas juntas formam um conjunto que é tão ou mais resistente que uma peça sólida ou curvada por vapor;
- Após o retorno inicial, o laminado permanece extremamente rígido. Terá pequena ou nenhuma tendência a se movimentar, deslizar, endireitar, ou tornar-se instável de alguma maneira. Isso é claro, supondo-se que tenham sido utilizados os métodos e adesivos corretos;
- Uma vez que se tenha dominado a preparação, os materiais e técnicas, será completamente possível produzir peças idênticas, o que permite a repetição consistente dos resultados até para uma produção em série;
- Com laminação curva, ocorre pequeno desperdício, especialmente se folheados forem usados como lâminas ao invés das ripas obtidas por serragem;

- Praticamente quaisquer comprimentos de peças podem ser obtidos unindo-se diversas peças pequenas através de encaixes que, se realizados propriamente, não criam pontos de fraqueza ao longo da peça;
- Madeiras de baixa qualidade contendo nós, rachaduras e outros pequenos defeitos, podem ser incorporadas aos laminados;
- Laminados curvos podem, geralmente, ser feitos rapidamente e se conformam melhor ao desenho do molde.

Já em relação às desvantagens da laminação, Schleining (2002) e Stevens e Turner (2008) destacam os seguintes pontos:

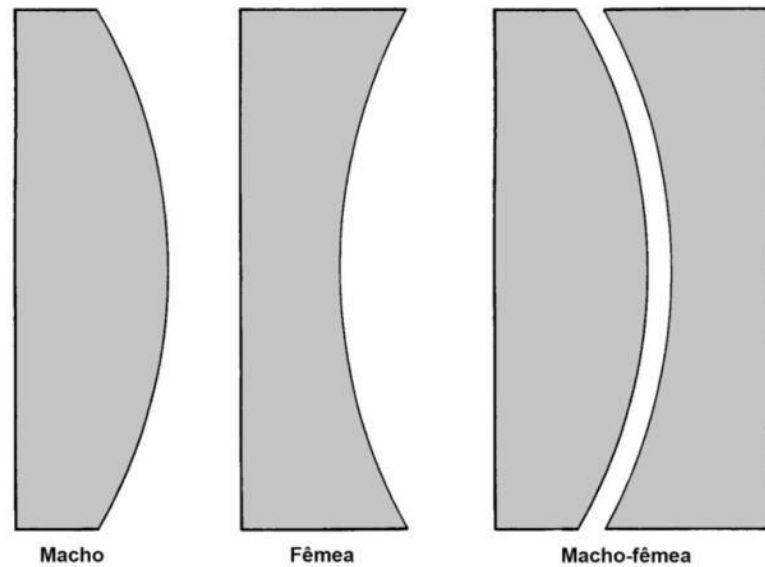
- Alguns adesivos são tóxicos;
- A presença do adesivo pode ser de alguma maneira prejudicial para as máquinas usadas nos processos pós-colagem;
- A colagem é trabalhosa e o excesso de adesivo deve ser continuamente removido;
- As linhas de cola geralmente ficam visíveis no produto final;
- A produção de curvas em mais de um plano podem apresentar grandes dificuldades;
- As diversas etapas para produção das lâminas e a colagem do laminado podem resultar no maior preço do produto final;
- O processo exige tempo;
- O processo desperdiça madeira com a serragem das lâminas.

2.4.2. Moldes

A necessidade de reprodução de uma determinada peça em unidades idênticas implica a utilização de dispositivos que garantam a maior homogeneidade possível entre as peças geradas: os moldes (LIMA, 2006). Taylor (2011) define um molde como sendo uma moldura ou forma de referência, contra a qual um material mais macio pode ser colocado para modificar sua forma. No caso dos moldes para curvar laminados, Schleining (2002), Kelsey (2005) e Stevens e Turner (2008) afirmam que apesar de poderem ser feitos de metal, em sua maioria, são produzidos de madeira ou de compósitos como MDF, compensados ou chapas de partículas, que são materiais mais baratos, porém com resistência adequada. Eles funcionam melhor se forem da mesma espessura que o conjunto de lâminas, pois isto ajuda no alinhamento das mesmas.

Existem diversos tipos de molde, mas os mais comuns e simples são do tipo macho, fêmea ou macho-fêmea, sendo este último formado pelo uso dos dois primeiros simultaneamente. Utilizando um molde macho, curva-se um conjunto de lâminas em volta do mesmo, prendendo-as enquanto se curva, assim o laminado adere à forma gradualmente, o que representa uma vantagem, pois as lâminas deslizam uma sobre as outras enquanto curvam-se. Neste tipo de molde pode-se iniciar a prensagem das lâminas tanto por uma das extremidades como pelo meio. Já o molde fêmea distorce esse processo, pois as extremidades encostam primeiro no molde, para só depois o meio do laminado ser assentado em sua posição. Isto tem o indesejado efeito de concentrar a pressão em três pontos da peça, os fins, que tocam primeiro o molde, e o meio onde o grampo se encontra, o que pode forçar o laminado além de seu ponto de ruptura (SCHLEINING, 2002). A Figura 48 mostra os dois tipos de molde citados, o macho e o fêmea, e um terceiro formado pela combinação dos dois, o macho-fêmea.

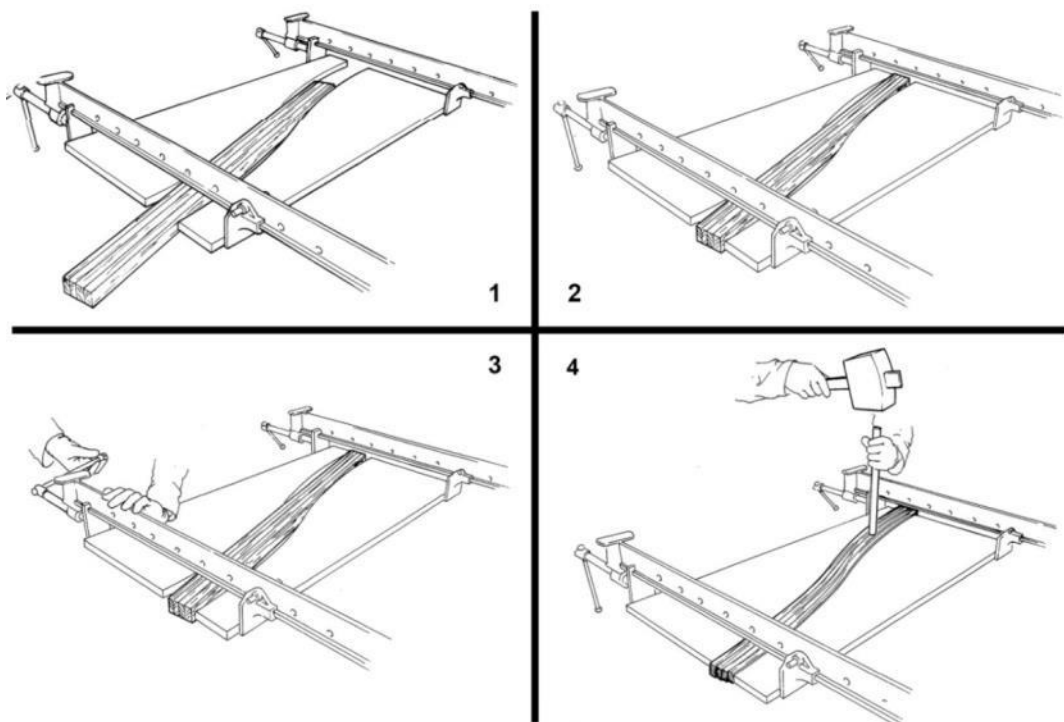
Figura 48. Tipos de molde macho, fêmea e macho-fêmea.



Fonte: Elaborado pelo autor

Com o molde macho-fêmea o laminado é prensado entre estas duas fôrmas. A pressão pode ser aplicada com parafusos ou grampos e deve ser suficiente para atender às especificações do fabricante do adesivo utilizado, levando-se em consideração a pressão extra, necessária para conformar o material no formato da curva do molde (STEVENSON; TURNER 2008). O processo de prensagem de um molde macho-fêmea é apresentado na Figura 49.

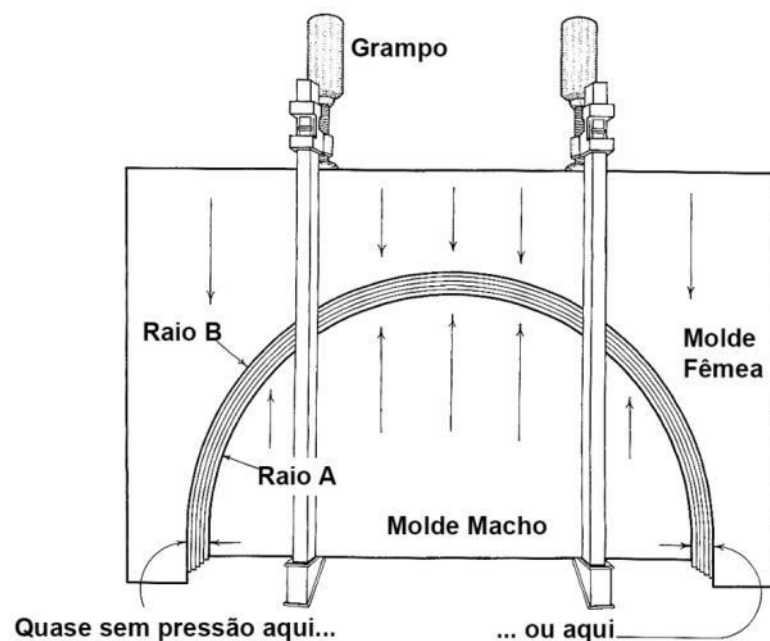
Figura 49. Processo de prensagem com molde macho-fêmea.



Fonte: Adaptado de Taylor (2011)

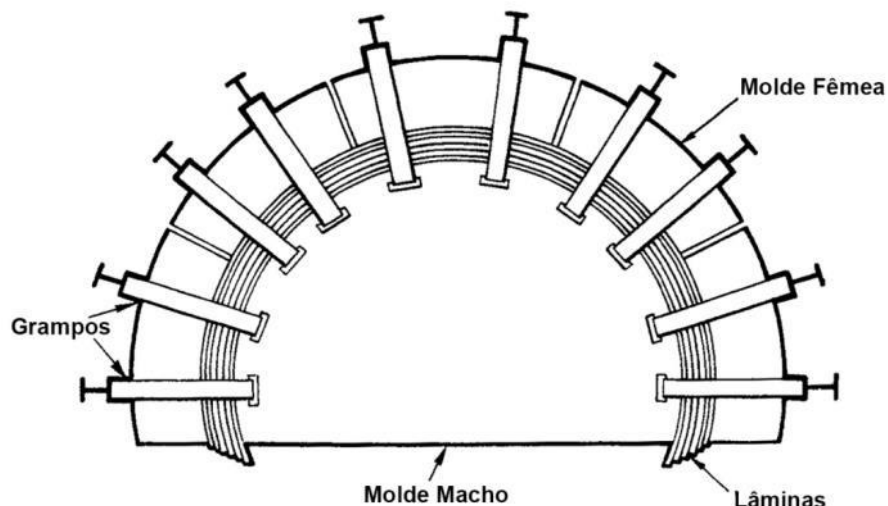
Taylor (2011) afirma que pressionar o laminado entre dois moldes é provavelmente o meio mais direto para se deformar o laminado, contanto que os moldes sejam cortados corretamente. Já Schleining (2002) chama a atenção para o fato de que moldes do tipo macho-fêmea podem parecer uma solução lógica para se economizar grampos e aplicar pressão de forma distribuída. Mas, a menos que os moldes sejam feitos com extremo cuidado, os resultados podem não ser satisfatórios, pois quando as duas partes são prensadas com o laminado entre elas, a pressão dos grampos pode ser maior no topo da curva do que nas extremidades, como mostra a Figura 50. Entretanto, Stevens e Turner (2008) afirmam que esta objeção pode, até certo ponto, ser superada dividindo-se o molde fêmea em uma série de segmentos e pressionando-os independentemente, como mostra a Figura 51.

Figura 50. Ilustração do molde macho-fêmea com a direção da pressão aplicada no laminado.



Fonte: Adaptado de Schleining (2002)

Figura 51. Ilustração do molde macho-fêmea segmentado.



Fonte: Adaptado de Stevens e Turner (2008)

Independentemente do tipo de molde escolhido, pressioná-lo com pressão suficiente e consistente para realizar a união das ripas é fundamental. Por isso, além de grampos e sargentos, caso se tenha acesso, utilizar prensas pneumáticas ou hidráulicas pode ser uma boa opção, pois além de permitir o controle mais preciso da pressão aplicada, também podem facilitar e acelerar todo o processo (TAYLOR, 2011).

A formatação do laminado na forma curva é essencialmente um processo de fixação pela cola, portanto, qualquer que seja o método escolhido, ele irá depender em grande parte do tipo de adesivo utilizado.

2.4.3. Adesivos

Até meados do século XX, para a fabricação de laminados colados de madeira, utilizavam-se somente adesivos de origem animal ou à base de vegetais, entretanto, a partir de 1930, com o desenvolvimento de resinas líquidas à base de ureia-formaldeído e fenol-formaldeído, tornou-se viável a fabricação de laminados de melhor qualidade. Em 1973, com a crise do petróleo, ocorreram sucessivos aumentos no preço das resinas ureia-formaldeído e fenol-formaldeído, ambas de origem petroquímica, o que acabou por estimular a pesquisa por novos adesivos alternativos (RIVERO, 2003). Atualmente, um número cada vez maior de adesivos surge no mercado, com diferentes composições e para as mais diversas aplicações, por isso é essencial saber escolher qual o adesivo mais adequado para se obter o resultado desejado.

No caso da fabricação de laminados, Müller (2000) escreve que um pré-requisito para se unir duas peças de madeira, que juntas devem suportar cargas, é que a linha de cola deve ser mais resistente do que a madeira que está sendo unida. Já no caso das peças curvas, as linhas de cola permanecem sobre constante stress, mesmo anos após a cola ter curado. Sempre e para sempre a madeira irá preferir voltar a ser plana novamente, por isso, somente uma cola resistente a esta pressão irá manter-se estável ao longo do tempo (SCHLEINING, 2002).

Em geral, para a fabricação de painéis à base de bambu, são utilizados os mesmos adesivos que normalmente se utilizam nos painéis de madeira. Os adesivos mais comuns, para tal fim, são: melamina, ureia-formaldeído, fenol-formaldeído, resorcinol-formaldeído e epóxi. Produtos colados com PVA não resistirão à prolongada exposição à água ou repetidas variações de umidade. Entretanto, se forem propriamente formulados, estes adesivos serão duráveis em um ambiente interior normal (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Adesivos para união de peças em madeira podem ser classificados por sua composição química ou pelo regime de trabalho ao qual o produto final será submetido (LIMA, 2006). Na Tabela 9 são apresentados os três tipos de adesivos - Acetato de Polivinila (PVA), Ureia-formaldeído (UF) e Poliuretano (PU) - comumente utilizados para trabalhos com madeira e suas principais características.

Tabela 9. Principais propriedades dos adesivos e seus usos típicos.

Tipo	PVA	UF	PU
Base	Resina termoplástica	Resina termofixa, Fenólica	Resina termofixa, de mamona
Forma e cor	Líquido e pronto para uso; branco a castanho ou amarelo; linha de cola transparente.	Na forma de pó ou líquida; branco a castanho; linha de cola transparente.	Líquido de baixa a alta viscosidade; sistema de duas partes reativas; cor varia de claro a castanho; linha de cola transparente.

Preparação e aplicação.	Líquido aplicado diretamente; cura em temperatura ambiente ou em prensas de alta frequência.	Pó misturado com água, endurecedor e carga; dependendo da formulação, pode curar em temperatura ambiente, prensas aquecidas até 120 °C ou de alta frequência.	Líquido aplicado diretamente; reativo a umidade ou ar; cura em temperatura ambiente.
Propriedades	Alta resistência em ambientes secos; baixa resistência à umidade e altas temperaturas; encaixes podem ceder sob constante pressão.	Alta resistência em ambientes secos; moderada durabilidade em ambientes úmidos; moderada a baixa resistência a temperaturas que excedam 50 °C.	Alta resistência tanto a ambientes secos como úmidos; limitada resistência a prolongada e repetida mudança de umidade; indicado para preenchimento.
Usos típicos	Mobiliário; portas; laminados plásticos; pisos e paredes para casas pré-fabricadas; aplicações em geral.	Laminados; mobiliário; chapa de fibras; chapa de partículas;	Pisos e paredes para casas pré-fabricadas; laminados; laminados de madeira com outros materiais, como metais e plásticos; instalação de placas de gesso; aplicações em geral.

Fonte: Adaptado de U. S. Department of Agriculture (2007)

Dentre estes três tipos de adesivos, o ureia-formaldeído é considerado o mais resistente, sendo indicado para funções estruturais, porém, é derivado de petróleo e também o mais tóxico de todos. O adesivo de PVA, apesar de permanecer flexível mesmo após sua cura, e por isso não ser recomendado para colagens de laminados curvos, está em constante aprimoramento e alguns apresentam até propriedades semiestruturais. Dentre os três tipos de adesivos apresentados, talvez o poliuretano seja o que apresente melhores perspectivas, devido às suas propriedades físicas e mecânicas aliadas ao seu viés sustentável, já que pode ser produzido a partir de matéria-prima renovável, como o óleo de mamona.

Conhecida internacionalmente como “Castor Oil”, e no Brasil por caturra, a mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta da família das Euforbiáceas, de cuja semente é extraído o óleo de mamona, também conhecido como óleo de rícino. Devido aos incentivos governamentais, visando substituição de até 2% do óleo diesel, o plantio de mamona deve crescer significativamente em todo o território brasileiro, podendo-se prever uma grande oferta dessa matéria-prima renovável. A Tabela 10 apresenta um comparativo de área cultivada, produtividade e produção de mamona no Brasil entre as safras 2012/13 e 2013/14.

Tabela 10. Comparativo de área, produtividade e produção de mamona no Brasil.

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)					PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)				
	Safra 12/13 (a)	Safra 13/14		VAR. %		Safra 12/13 (d)	Safra 13/14 (e)	VAR. % (e/d)	Safra 12/13 (f)	Safra 13/14		VAR. %	
		Lim Inf (b)	Lim Sup (c)	(b/a)	(c/a)					Lim Inf (g)	Lim Sup (h)	(g/f)	(h/f)
NORDESTE	84,4	132,8	139,8	57,3	65,6	163	609	274,7	13,8	81,0	85,5	487,0	519,6
PI	1,0	1,0	1,0	-	-	75	480	540,0	0,1	0,5	0,5	400,0	400,0
CE	12,8	12,8	12,8	-	-	140	305	117,9	1,8	3,9	3,9	116,7	116,7
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	1,4	1,4	1,4	-	-	267	415	55,4	0,4	0,6	0,6	50,0	50,0
BA	69,2	117,6	124,6	70,0	80,0	166	646	289,2	11,5	76,0	80,5	560,9	600,0
SUDESTE	2,1	2,1	2,3	-	9,5	694	1.022	47,2	1,5	2,2	2,3	46,7	53,3
MG	2,0	2,0	2,2	-	10,0	630	975	54,8	1,3	2,0	2,1	53,8	61,5
SP	0,1	0,1	0,1	-	-	1.980	1.965	(0,8)	0,2	0,2	0,2	-	-
SUL	0,9	0,9	0,9	-	-	600	1.500	150,0	0,5	1,4	1,4	180,0	180,0
PR	0,9	0,9	0,9	-	-	600	1.500	150,0	0,5	1,4	1,4	180,0	180,0
NORTE/NORDESTE	84,4	132,8	139,8	57,3	65,6	163	609	274,7	13,8	81,0	85,5	487,0	519,6
CENTRO-SUL	3,0	3,0	3,2	-	6,7	666	1.166	75,0	2,0	3,6	3,7	80,0	85,0
BRASIL	87,4	135,8	143,0	55,4	63,6	180	622	245,5	15,8	84,6	89,2	435,4	464,6

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (2013)

Uma das possibilidades de uso da mamona é na produção de um adesivo alternativo, com grande apelo ecológico (JOSÉ; BERALDO, 2010). Sua competitividade em relação aos outros polímeros, além das propriedades mecânicas e de ser considerado não tóxico, deve-se basicamente a outros dois fatores, por ser um polímero originário de matéria-prima natural e renovável, e aos preços razoáveis dos produtos químicos utilizados na fabricação de poliuretano disponíveis no país (JESUS, 2003).

Em se tratando da aplicação do adesivo de óleo de mamona na confecção do bambu laminado colado, é válido ressaltar os estudos realizados por Ramos, Ventura e Pereira (2013) e Ventura, Ramos e Pereira (2013), no qual são apresentados ensaios mecânicos de Cisalhamento na lâmina de cola e Tração na lâmina de cola, em corpos de prova de bambu laminado colado com o adesivo à base de óleo de mamona. Os resultados dos testes mostraram que o adesivo à base de óleo de mamona mostrou-se resistente com relação ao teste de Tração na Lâmina de Cola, porém, com relação ao Cisalhamento na Lâmina de Cola, o óleo de mamona apresentou valores inferiores aos demais adesivos utilizados para comparação. Além dos resultados mensuráveis apresentados nos testes, o padrão de rompimento observado nos corpos de prova confirma uma boa ligação bambu-adesivo, pois em algumas peças o bambu rompeu antes que o próprio adesivo. Os resultados, ainda preliminares, sugerem possibilidade de utilização do adesivo à base de mamona para a confecção do BLac, e justificam a continuidade dos estudos com este adesivo. Porém, os autores salientam a importância da necessidade da realização de novos testes, como ensaios físicos e mecânicos, antes da utilização comercial do mesmo.

Diferente das colas de origem animal ou vegetal, as resinas sintéticas curam pelo efeito de mudanças químicas que ocorrem no adesivo, assim como pela perda de umidade, ambos efeitos que podem ser acelerados com o aumento da temperatura. O calor pode ser aplicado ao laminado em uma variedade de maneiras, mas não é incomum se empregar fitas aquecedoras de baixa voltagem para uma rápida cura de laminados de até uma polegada de espessura. As tiras de aquecimento, de corrente de baixa tensão e alta amperagem, são unidas em uma ponta e colocadas sobre o topo e a base das superfícies a se curvar. A temperatura não deve exceder os 100 °C, mas mesmo com esta temperatura, laminados curvos de 50 mm de espessura podem ser obtidos dentro de um período de 5 min (STEVENS; TURNER 2008).

Tendo-se em mente que cada peça de laminado deve receber uma camada do adesivo nas duas faces a serem coladas é recomendado aplicar o adesivo utilizando rolos de pintura para garantir a uniformidade do adesivo e velocidade no procedimento. Uma camada grossa de cola é preferível a uma fina, pois, quanto mais fina, mais rápido ela encrostará. Uma maneira de melhorar a velocidade do processo, e verificar se tudo está como o planejado, é realizar uma prensagem no molde com o conjunto de lâminas, antes de se aplicar o adesivo (SCHLEINING, 2002).

Em se tratando de laminados de madeira, Taylor (2011) recomenda, para uma colagem bem sucedida, que o teor de umidade das lâminas seja inferior a 20%. Quanto a outros fatores como temperatura, pressão necessária, tempo de cura, etc., tais informações podem variar não só entre os diferentes tipos de adesivos, mas também entre diferentes fabricantes, por isso, cada adesivo deve ser utilizado conforme as indicações contidas em seu boletim técnico, os quais são fornecidos pelos próprios fabricantes. Já as etapas posteriores à colagem e prensagem são idênticas às usadas com a madeira laminada colada, sendo necessárias as mesmas ferramentas e técnicas tradicionais de marcenaria, e por isso, sua descrição não cabe nesta pesquisa.

Apesar de não haver bibliografia disponível sobre métodos específicos de curvatura de BLaC, a revisão de bibliografia desenvolvida tratou de diversos tópicos que justificam a exploração dos potenciais do Bambu Laminado Colado curvo, assim como apresentou vários pontos que englobam o método para fabricação do mesmo. Como estes tópicos são diversos, porém importantes para o entendimento do método de curvatura que foi desenvolvido nesta dissertação, torna-se importante a realização de uma síntese com o propósito de recapitulação.

Primeiramente, tratou-se da questão da sustentabilidade, como ela surgiu e se desenvolveu em nossa sociedade, e como a preocupação ambiental foi aos poucos abarcando novas diretrizes de âmbito social e econômico e apresentou os principais eventos que determinaram sua forma e como ela hoje se apresenta e se define, tornando-se um dos fatores mais importantes a permear vidas e empreendimentos, e ponto essencial, se não primordial, para o design.

Em seguida foram apresentados conceitos e definições dos termos Ecodesign, Design Sustentável e Life Cycle Design, termos estes, similares, que se complementam, servindo como ferramentas ao designer em busca de uma projeção que busque uma relação mais equilibrada entre a preservação ambiental, qualidade de vida humana e desenvolvimento econômico, que juntos formam o tripé para a sustentabilidade. Também foi tratado a questão da importância dos materiais no desenvolvimento sustentável, e como sua correta escolha pode alterar drasticamente um projeto, já que esta é a primeira etapa a ser levada em consideração no ciclo de vida de qualquer artefato projetado.

No tópico bambu, foi exposta uma visão geral a cerca desta planta, suas principais características, métodos preservativos e possíveis utilizações, principalmente na forma processada, ou industrializada, gerando materiais como o BLaC, compensados, chapas de partículas ou fibras e compósitos. Através do processamento industrial do bambu, praticamente qualquer artefato que pode ser feito de madeira, também pode ser desenvolvido a partir de materiais industrializados de bambu. Também se exibiu o atual interesse do Governo Federal pelo bambu, através de iniciativas de leis e de acordos, e as possibilidades que isto pode gerar para o desenvolvimento de sua cultura no Brasil.

Focando-se no laminado curvo, que é o principal tema desta pesquisa, foi traçado um pequeno histórico sobre o laminado de madeira e as técnicas utilizadas para curvá-la, ilustrando o processo com móveis que marcaram a história do design. Utilizou-se principalmente o laminado de madeira como referência devido à falta de material sobre a história do bambu laminado e, principalmente, as técnicas utilizadas para a confecção do BLaC curvo, que infelizmente, tem seus detalhes mantidos resguardados pelos países orientais, os principais pesquisadores e produtores deste material. Apesar desta restrição de informações, algumas já são conhecidas e divulgadas em nosso país, como os métodos para obtenção das lâminas e as espécies mais utilizadas, principalmente devido às pesquisas desenvolvidas dentro das universidades.

Em relação à laminação curva e seu método produtivo, foram apresentadas as etapas para sua produção que envolvem desde a laminação, a escolha da espessura das lâminas, tipo de molde e adesivo, a confecção dos moldes, aplicação do adesivo e prensagem, que pode ser a frio ou a quente. Após a realização da prensagem, tem-se as peças de BLaC curvos, que passam pelos processos tradicionais de marcenaria para serem transformadas em peças de mobiliário ou quaisquer outros produtos desejados.

O próximo capítulo desta dissertação apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa, e trata dos procedimentos experimentais realizados com os moldes aquecidos, do tipo macho-fêmea, o bambu laminado e os adesivos de ureia-formaldeído e poliuretano de óleo de mamona. Após o registro dos experimentos são apresentados os resultados da pesquisa e sua análise, fechando com as conclusões e discussões, além de sugestões de novos trabalhos que possam dar continuidade a esta pesquisa.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa experimental, desenvolvida através de raciocínio indutivo, com dados colhidos de experimentos com bambu laminado colado e moldes do tipo macho-fêmea, aquecidos eletricamente.

3.1. MATERIAIS

3.1.1. Bambu Laminado Colado

Para a confecção do BLaC, utilizou-se os seguintes materiais:

- Colmos de bambu maduro da espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro, pertencentes à coleção existente no Plantio Experimental do campus da UNESP de Bauru;
- Adesivos do tipo ureia-formaldeído e poliuretano a base de óleo de mamona.

3.1.2. Moldes

Os moldes aquecidos foram confeccionados manualmente com os seguintes materiais:

- Chapas de OSB e compensado de virola;
- Lâminas de alumínio;
- Adesivos, resistência elétrica, fita de teflon, pregos, parafusos e porcas.

3.1.3. Equipamentos

Para os procedimentos experimentais, foram utilizados os equipamentos apresentados na Tabela 11. As Figuras 52 a 68 apresentam os diversos equipamentos utilizados durante a pesquisa.

Tabela 11. Equipamentos utilizados na pesquisa e a função desempenhada.

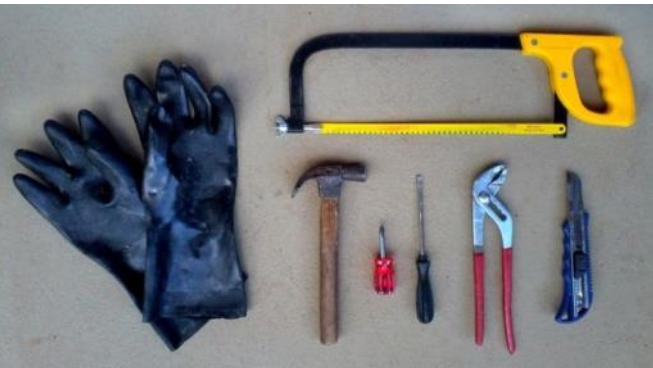
Equipamento	Função	Imagem
Moto-serra	Colheita	Figura 52. Moto-serra.  Fonte: Elaborado pelo autor
Serra circular destopadeira	Processamento dos colmos de bambu	Figura 53. Serra circular destopadeira.  Fonte: Elaborado pelo autor

Serra circular refiladeira dupla	Processamento dos colmos de bambu	Figura 54. Serra circular refiladeira dupla.  Fonte: Elaborado pelo autor
Serra circular de bancada	Beneficiamento das lâminas de bambu	Figura 55. Serra circular de bancada.  Fonte: Elaborado pelo autor
Plaina duas faces (própria para bambu)	Beneficiamento das lâminas de bambu	Figura 56. Plaina duas faces (própria para bambu).  Fonte: Elaborado pelo autor

Tanque	Tratamento das lâminas por imersão	Figura 57. Tanque.  Fonte: Elaborado pelo autor
Esquadrejadeira de Bancada	Confecção dos moldes	Figura 58. Esquadrejadeira de Bancada.  Fonte: Elaborado pelo autor
Serra de Fita	Confecção dos moldes	Figura 59. Serra de Fita.  Fonte: Elaborado pelo autor

Furadeira e parafusadeira	Montagem dos moldes	Figura 60. Furadeira e parafusadeira.  Fontes: http://www.casashirao.com.br/app/config/312//Imagens/Produto/grd_120780_detail_DW502.jpg http://bing1.mlstatic.com/parafusadeira-com-controle-de-torque-540-w-dw268-dewalt_MLB-F-4293955851_052013.jpg
Grampos e sargentos barra T	Prensagem dos moldes aquecidos	Figura 61. Grampos e sargentos barra T.  Fonte: Elaborado pelo autor
Paquímetro (Sensibilidade 0,01 mm)	Verificação da espessura das lâminas	Figura 62. Paquímetro.  Fonte: Elaborado pelo autor

Termômetro Digital (Sensibilidade 1°C)	Verificação da temperatura dos moldes	Figura 63. Termômetro Digital.  Fonte: Elaborado pelo autor
Balança de precisão (Sensibilidade 0,01 g)	Preparo do adesivo de ureia-formaldeído	Figura 64. Balança de precisão.  Fonte: Elaborado pelo autor
Medidor de umidade de madeira (Sensibilidade 1%)	Medição da umidade das ripas de bambu	Figura 65. Medidor de umidade de madeira.  Fonte: Elaborado pelo autor

Dimmer	Controle da temperatura dos moldes	Figura 66. Dimmer.  Fonte: Elaborado pelo autor
Torquímetro	Ajuste do torque durante a prensagem	Figura 67. Torquímetro.  Fonte: Elaborado pelo autor
Equipamentos diversos	Colagem e prensagem	Figura 68. Equipamentos diversos.  Fonte: Elaborado pelo autor

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os equipamentos encontraram-se à disposição do pesquisador no Laboratório de Experimentação com Bambu da Faculdade de Engenharia do campus de Bauru, ou foram adquiridos em empresas idôneas.

3.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Primeiramente foi realizada a colheita dos colmos de bambu necessários para os experimentos e o processamento dos mesmos. A segunda etapa foi a confecção dos moldes curvos do tipo macho-fêmea para prensagem do BLaC, seguido pelo beneficiamento das lâminas de bambu, e posteriormente pela colagem das lâminas e prensagens nos moldes aquecidos. Dez moldes distintos foram usados, e para cada molde realizou-se três colagens com cada um dos dois adesivos selecionados, o ureia-formaldeído e o poliuretano à base de óleo de mamona. Ao final das colagens, as peças de BLaC curvas geradas foram analisadas visualmente e, através de gabaritos, com o registro

de sua forma em dois momentos diferentes; primeiro logo após a retirada do molde e depois de um período de 24h da retirada do molde, tempo este necessário para cura total do adesivo.

3.2.1. Colheita

Ao se iniciar os procedimentos experimentais, o primeiro item definido foi a espécie de bambu com a qual foram confeccionadas as lâminas para o BLaC. Dentre as espécies recomendadas para fabricação de BLaC, escolheu-se a *Dendrocalamus giganteus*, devido a maior quantidade de estudos já existentes sobre a mesma e a disponibilidade de colmos no próprio campus da UNESP de Bauru, onde foi desenvolvida a pesquisa.

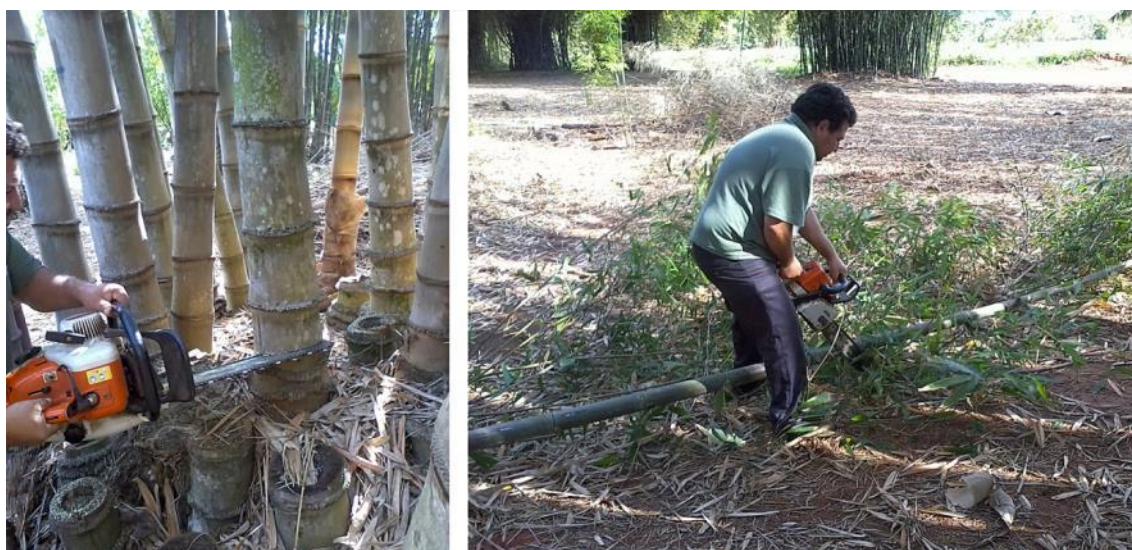
A colheita foi realizada com moto-serra, na área do plantio experimental do campus da UNESP de Bauru, e ao total foram colhidos quatro colmos maduros com idade entre 4 e 6 anos. As Figuras 69 e 70 mostram a moita de bambu e a forma de se efetuar o corte dos colmos.

Figura 69. Moita de bambu gigante e detalhe da marcação das idades dos colmos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 70. Colheita do colmo e retirada dos ramos laterais.



Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda na área do plantio experimental, os ramos foram removidos e as mudas separadas para futuro plantio. Os colmos foram então cortados em seções menores para facilitar o transporte.

3.2.2. Processamento

As seções de colmo foram transportadas até o Laboratório de Experimentação com Bambu, e o processamento se iniciou com a medição dos colmos e o seu corte em serra circular destopadeira (Figura 71), conforme a posição da seção na altura do colmo e, conseqüentemente, a espessura de sua parede, ou seja, as partes mais próximas da base foram reservadas para as lâminas mais espessas e as partes próximas ao topo para as lâminas mais finas. Para evitar o desperdício do bambu durante o processamento, as seções foram cortadas em medidas que variam entre 60 cm e 100 cm de comprimento (Figura 72), prevendo-se alguns centímetros extras de segurança para o caso de pequenos defeitos que a lâmina possa sofrer nas extremidades, durante o beneficiamento, ou deslizamentos excessivos das mesmas dentro do molde durante a prensagem.

Figura 71. Corte da seção do colmo em serra circular destopadeira.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 72. Colmos cortados nas medidas necessárias.



Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir as seções destopadas foram refiladas, em serra refiladeira dupla (Figuras 73 e 74). Nesta etapa, dependendo do diâmetro da seção do colmo, da largura definida para as lâminas, e da habilidade do operador da máquina, o número de lâminas obtido pode variar drasticamente, mas em média foram obtidas sete ripas por seção do colmo.

Figura 73. Colmos sendo refilados.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 74. Colmo após o refilamento.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após as peças serem refiladas, passaram por tratamento preservativo contra o ataque de insetos xilófagos e fungos. Existem diversos métodos de tratamento, porém, como os colmos serão posteriormente processados, e conseqüentemente será gerado pó impregnado com o produto químico do tratamento, optou-se por um tratamento mais superficial, mas capaz de proteger o bambu durante o período do processamento e colagens. O tratamento constou de imersão das seções refiladas em tanque com solução de octaborato de sódio, na proporção de 8% a 10% de pó de octaborato de sódio para cada medida de massa de água, por um período de 15 min. A Figura 75 mostra o produto octaborato de sódio e o tanque com a solução.

Figura 75. Produto octaborato de sódio e tanque de tratamento por imersão.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após o tratamento, ocorreu a secagem das peças ao ar até atingirem o teor de umidade de 15% - valor este controlado com o medidor de umidade de madeira. Em seguida, as ripas foram separadas manualmente umas das outras, através do rompimento dos diafragmas (Figura 76).

Figura 76. Ripas separadas manualmente.



Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo-se realizado o desmembramento das ripas, elas foram levadas até a serra circular de bancada, onde ocorreu a retirada das protuberâncias causadas pelos nós e diafragmas na parte externa e interna do bambu, respectivamente (Figura 77).

Figura 77. Detalhes de duas ripas antes e depois da retirada dos nós e diafragmas.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.3. Moldes

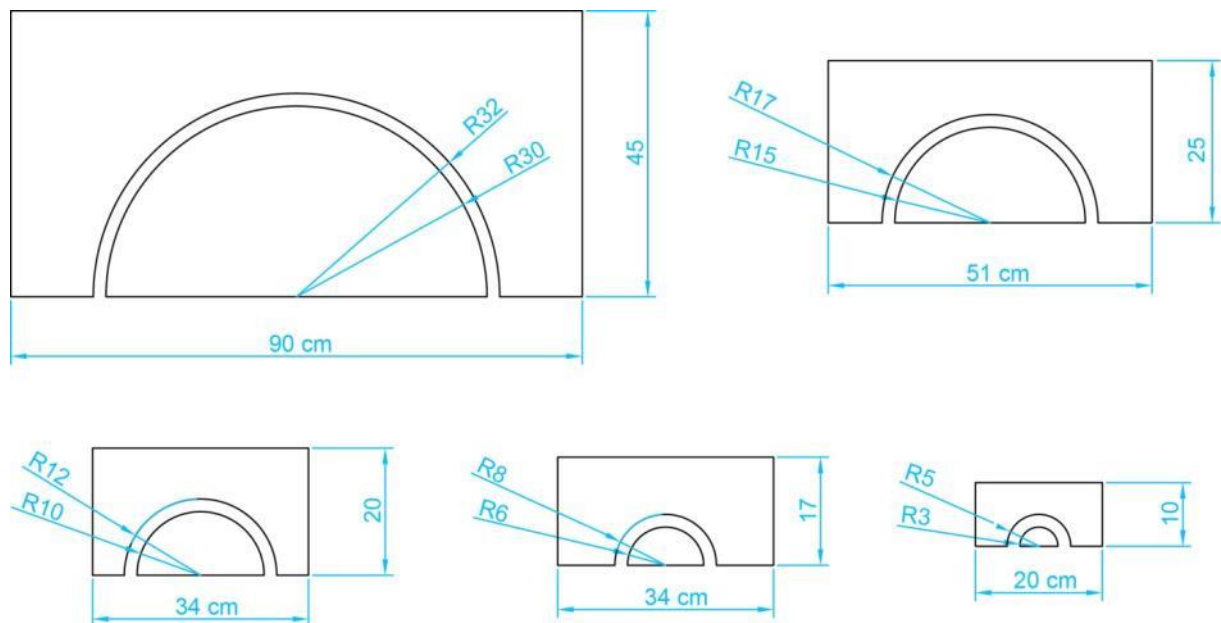
Para a criação de uma metodologia para efetuar a curvatura de BLaC, era necessário a definição de uma série de testes para verificar a capacidade do BLaC em ser curvado com o auxílio de moldes. Porém, como não foi encontrado durante a revisão bibliográfica nenhum tipo de teste similar com o qual fosse possível basear-se, foi necessário o desenvolvimento de um método próprio.

Dentre os tipos de moldes vistos na revisão bibliográfica, o molde macho-fêmea mostrou-se como a opção mais adequada para uma produção em larga escala, devido o reduzido tempo despendido para realizar as prensagens e o pequeno número de grampios exigidos para tal tarefa.

Como seria inviável a fabricação de uma grande quantidade de moldes para se analisar uma variação pequena de raios, como por exemplo, uma variação de raios de um em um centímetro, foram tomadas como base as dimensões de um móvel comum, como uma cadeira ou poltrona, e então definiu-se a análise de cinco raios distintos, 3 cm, 6 cm, 10 cm, 15 cm e 30 cm, e duas aberturas angulares possíveis, 180° e 90°. A espessura do molde foi definida em 3 cm, medida essa suficiente para receber as peças de BLaC com aproximadamente 2,5 cm de largura, e possível de ser feita somando-se algumas camadas de chapas de aglomerado ou compensado.

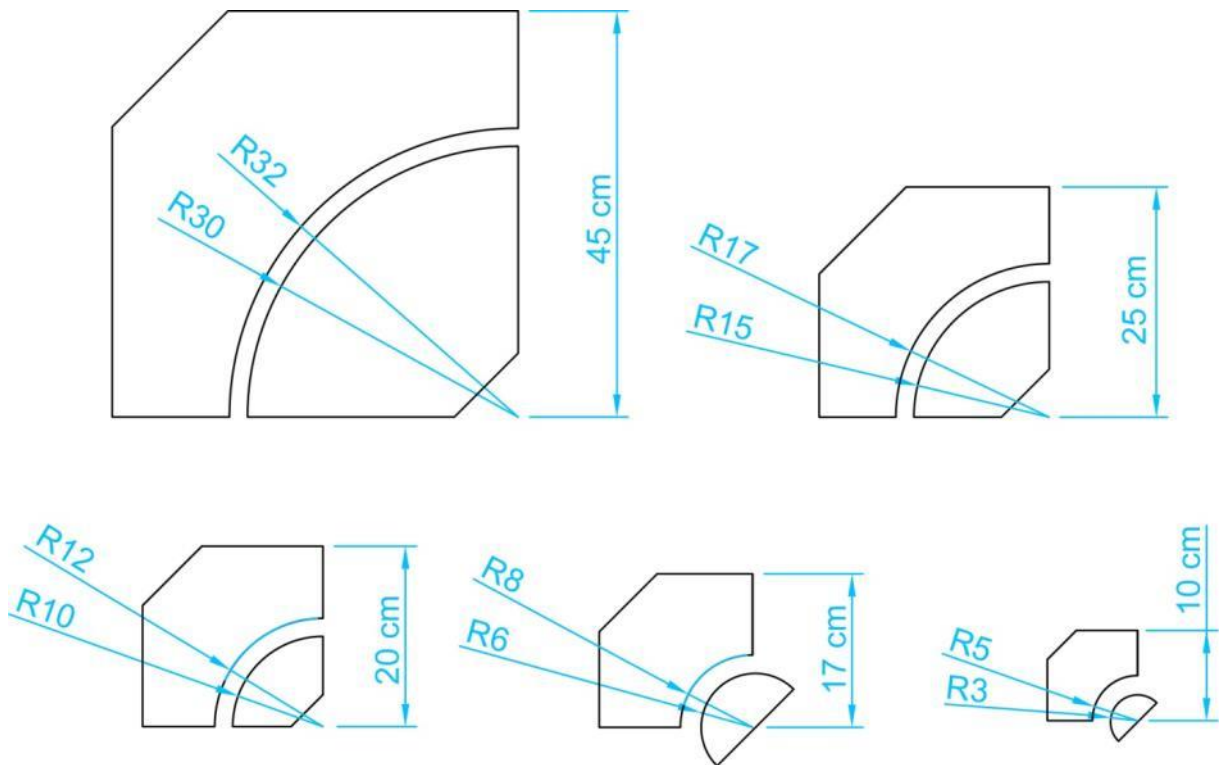
Após a definição das dimensões, fez-se o desenho técnico dos moldes, em software CAD, para verificar se os modelos serviriam ao que foi proposto (Figuras 78 e 79).

Figura 78. Desenho técnico com as medidas dos moldes de 180° de abertura.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 79. Desenho técnico com as medidas dos moldes de 90° de abertura.



Fonte: Elaborado pelo autor

Com todas as medidas dos moldes definidas, iniciou-se a confecção dos mesmos conforme os desenhos técnicos. Seguindo-se o que foi informado por Schleining (2002), Kelsey (2005) e Stevens e Turner (2008), no item 2.4.2, os moldes foram construídos com camadas de chapas de aglomerado e compensado de virola (Figura 80), e adesivo PVA e pregos para unir as diversas camadas desses materiais. A utilização de mais de uma camada foi necessária para se atingir a espessura desejada de 3 cm para os moldes.

Figura 80. Chapas de compensado e OSB.



Fonte: Elaborado pelo autor

As chapas foram recortadas com serra circular, e em seguida foi realizado um corte no canto dos moldes, com a serra esquadrejadeira de bancada, para permitir o acesso do sargento barra T aos

moldes no momento das prensagens. Já para fazer o corte curvo dos raios em cada molde, foi usada uma serra de fita (Figura 81).

Figura 81. Confeção dos moldes.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para unir as camadas do molde foi usado adesivo PVA e prensas diversas (Figura 82).

Figura 82. Prensagem dos moldes.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a colagem das camadas, os moldes foram esquadrejados em serra circular e receberam o acabamento em lixadeira de fita (Figura 83).

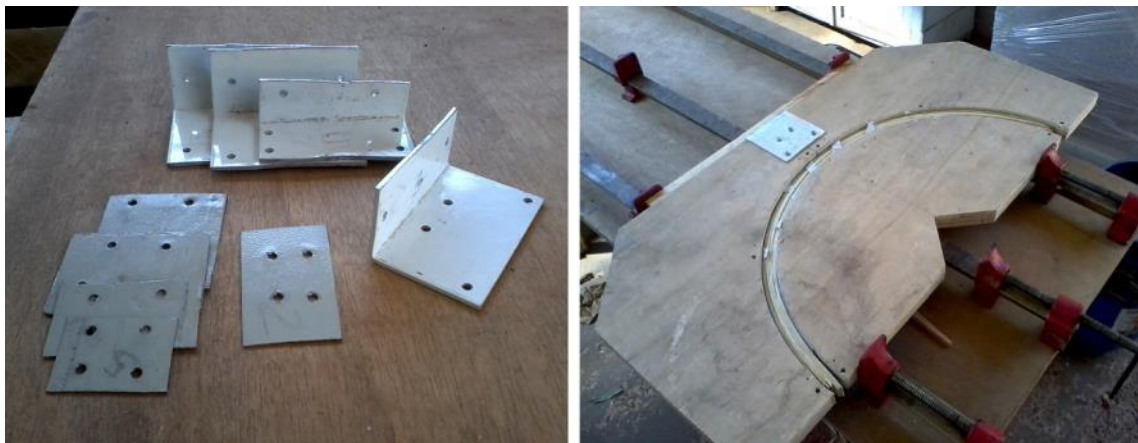
Figura 83. Confeção dos moldes macho-fêmea.



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste ponto, é válido ressaltar a ocorrência de um pequeno problema encontrado em relação à ideia inicial que se teve para o desenvolvimento dos moldes. Com o intuito de economizar material, a parte fêmea dos moldes seria composta por duas partes separáveis, com uma abertura de 90° cada, permitindo realizar o teste com a abertura de 90° usando uma parte do molde, ou o teste de 180° unindo-se as duas metades de 90°. Para realizar tal tarefa, foram feitas as duas partes do molde fêmea com abertura de 90° separadamente e que depois foram unidas com chapas de alumínio e parafusos, para permitir a utilização das duas metades juntas ou separadas, conforme a necessidade (Figura 84).

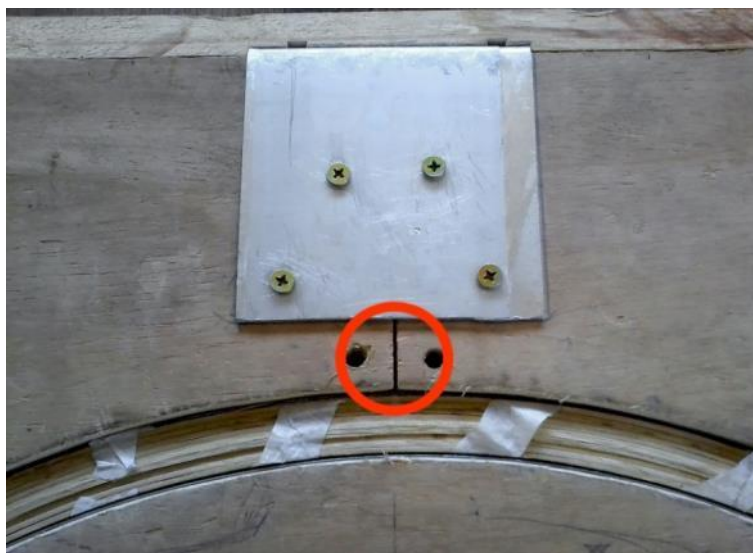
Figura 84. Peças para fixar as duas partes do molde e o molde sendo testado.



Fonte: Elaborado pelo autor

Porém, ao fazer alguns testes iniciais com lâminas de bambu, mas sem o adesivo para uni-las, notou-se uma leve separação das duas partes fêmeas do molde. Um grampo foi adicionado para pressionar as laterais do molde e melhorar a união das partes, porém, mesmo assim o resultado obtido não foi satisfatório. A Figura 85 mostra em detalhe o encaixe entre as duas partes do molde e, ressaltado com o círculo vermelho, o espaço formado com a separação das partes após prensagem.

Figura 85. Detalhe da separação entre as duas partes do molde.



Fonte: Elaborado pelo autor

Como o objetivo da pesquisa não era a inovação no desenvolvimento dos moldes, sendo estes somente ferramentas para a realização dos testes, decidiu-se por não desperdiçar tempo em tentativas para verificar como este tipo de molde “separável” poderia funcionar, e partiu-se imediatamente para a confecção de moldes em peças únicas, os quais já tinham sua eficiência garantida. Mesmo desta maneira, para não desperdiçar os moldes já desenvolvidos, eles foram utilizados para os moldes de abertura de 90° (Figura 86), pois já estavam prontos para tal tarefa, e novos moldes de abertura de 180° foram confeccionados (Figura 87).

Figura 86. Moldes com abertura de 90° finalizados.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 87. Moldes com abertura de 180° finalizados.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.4. Sistema de aquecimento

Após a confecção das partes macho-fêmea dos moldes, foi desenvolvido o sistema de aquecimento elétrico, essencial para a curvatura das lâminas e para acelerar o tempo de prensagem. Considerando-se as informações apresentadas por Stevens e Turner (2008), no item 2.4.3, e os modelos de moldes aquecidos de Lourenço e Pereira (2011) e Ramos e Pereira (2014), no item 2.3.5, foi desenvolvido um sistema de aquecimento com fitas flexíveis e removíveis, para permitir o desmonte das diversas partes que compõem os moldes de forma mais fácil. Para sua confecção foram utilizadas fitas adesivas de teflon e fios de resistência elétrica para 110 V (Figura 88). Escolheu-se a fita de teflon devido às suas características de condutividade térmica e, ao mesmo tempo, de isolante elétrica.

Figura 88. Resistência elétrica e fita adesiva de teflon.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.5. Laminação

Após o processamento dos colmos de bambu, iniciou-se a laminação das ripas, tendo sido possível obter as espessuras finais desejadas para as lâminas e o esquadreamento de suas faces. Considerando-se a indicação de Reubens (2010), no item 2.3.5, para o uso de lâminas com menos de 5 mm para a fabricação de laminado colado curvo, o processo foi realizado com o objetivo de obter lâminas com espessuras de 5 mm, 4 mm, 3 mm, 2 mm e 1 mm. A operação se deu em plaina duas faces própria para bambu (Figura 89), conforme as seguintes etapas: ajuste das laterais já paralelas das ripas; retirada das camadas mais internas e externas; ajuste final da espessura das ripas.

Figura 89. Plaina duas faces própria para bambu.



Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar da plaina duas faces utilizada para laminação não apresentar um mecanismo para definir com precisão a espessura das lâminas geradas, pôde-se obter as espessuras desejadas de 5 mm, 4 mm, 3 mm e 2 mm. Somente não foi possível obter laminas com 1 mm de espessura, pois as lâminas mais finas do que 1,2 mm quebravam-se durante o processamento na máquina, por isso, as lâminas de 1mm foram substituídas pelas de 1,2 mm. A Figura 90 apresenta as lâminas finalizadas.

Figura 90. Lâminas finalizadas.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.6. Espessuras das lâminas de bambu

Com as lâminas finalizadas, o próximo passo foi realizar testes para definir a espessura ideal para ser envergada em cada um dos raios diferentes de cada molde. Seguindo o método apresentado por Schleining (2002), no item 2.4.1, lâminas de 1,2 mm a 5 mm de espessuras foram curvadas manualmente em torno de cada um dos moldes, para verificar a flexibilidade das mesmas e, assim, definir uma espessura inicial com a qual se poderia trabalhar em cada molde (Figura 91).

Figura 91. Teste manual da espessura das ripas.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.7. Colagem e Prensagem

Em se tratando das colagens, primeiramente foram escolhidos os adesivos que seriam usados. Dentre os vários tipos que apresentam as características necessárias para a tarefa, foram escolhidos dois tipos: o ureia-formaldeído (UF) devido sua grande resistência e baixa flexibilidade após a cura, e o poliuretano (PU) à base de mamona, principalmente por se tratar de uma alternativa mais sustentável em comparação aos outros adesivos.

Para a confecção do BLaC curvo com poliuretano à base de óleo de mamona, foi utilizada a proporção, em volume, de 2 partes de Polioli (óleo de mamona) para 1 parte de estabilizador

difenilmetano diisocianato (MDI), conforme informado pelo fabricante (Anexo 3). Para o preparo da mistura foram utilizadas seringas e um copo plástico (Figura 92). O adesivo foi doado pela J.R. Pengo Ind. Com. Prod. Químicos Ltda.

Figura 92. Itens para preparação do adesivo de óleo de mamona.



Fonte: Elaborado pelo autor

Já para a preparação do adesivo de ureia-formaldeído foram utilizados o adesivo Redemite da marca Redelease, farinha de trigo, água e sal endurecedor (Figura 93), além de uma balança de precisão para dosar corretamente os componentes e um copo plástico para realizar a mistura. O adesivo foi preparado seguindo as proporções, em massa, de 100 partes de Redemite, 15 partes de água, 15 partes de farinha e 4 partes de sal, conforme informado no boletim técnico fornecido pelo fabricante (Anexo 4).

Figura 93. Itens para preparação do adesivo de UF.



Fonte: Elaborado pelo autor

Antes das colagens foi utilizado um medidor de umidade para verificar o nível de umidade das lâminas, obtendo-se uma média de 15% (Figura 94), valor este dentro dos padrões de umidade para colagem, e dentro da faixa de 13% a 20% informada por Hidalgo-López (2003), no item 2.3.1, para que ocorra a transição vítrea da lignina, considerando-se uma temperatura entre 60 °C e 90 °C, como informado por Irvine (1984, in MANRÍQUEZ; MORAES, 2009), também no item 2.3.1.

Figura 94. Medição da umidade das lâminas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme a quantidade das lâminas a serem coladas foi utilizado pincel, para pequenas áreas, ou rolo de pintura, para grandes áreas. No caso do uso do rolo de pintura, fez-se necessário também o uso de uma bandeja para pintura (Figura 95).

Figura 95. Materiais para aplicação dos adesivos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a preparação das lâminas e do adesivo desejado, as ripas recebem uma camada do adesivo nas duas faces a serem coladas, para permitir melhor penetração do adesivo nas lâminas e, consequentemente, obter-se melhor adesão entre as mesmas (Figura 96).

Figura 96. Aplicação do adesivo nas lâminas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Como os nós constituem a parte mais frágil na lâmina de bambu, é importante ressaltar que no momento da prensagem, evitou-se dispor as lâminas com os nós na mesma posição, ou seja, sobrepor uns nós aos outros, para não criar um ponto de maior fragilidade na peça de BLaC e também para evitar a quebra precoce das lâminas ao serem inseridas nos moldes. A Figura 97 apresenta a maneira que deve ser evitada, com os nós sobrepostos, ao se dispor as lâminas para colagem.

Figura 97. Modo que deve ser evitado ao se dispor as lâminas para colagem.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 98 apresenta a maneira recomendada de se dispor os nós das lâminas para prensagem. Para facilitar a visualização, os nós foram destacados dentro dos círculos vermelhos.

Figura 98. Modo recomendado de se dispor os nós das lâminas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a aplicação do adesivo, as lâminas foram unidas e inseridas no molde (Figura 99), que foi pressionado com um sargento barra T, sendo utilizado um torquímetro para definir o torque em 30 Nm (Figura 100), medida esta definida em função da pressão recomendada pelos fabricantes dos adesivos.

Figura 99. Lâminas dispostas no molde.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 100. Torquímetro sendo utilizado e detalhe do ajuste para o torque de 30 Nm.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a prensagem dos moldes e o uso do torquímetro, o sistema de aquecimento foi ligado e ajustado, através do *Dimmer*, para a temperatura 70 °C (Figura 101), valor este situado na faixa necessária para ocorrer a transição vítrea da lignina, entre 60 °C e 90 °C, conforme Irvine (1984, in MANRÍQUEZ; MORAES, 2009), no item 2.3.1, e também dentro dos limites para uso dos adesivos.

Figura 101. Medição da temperatura do molde.



Fonte: Elaborado pelo autor

Com base em testes iniciais e nos boletins técnicos dos adesivos, tanto para a prensagem do BLaC de PU de óleo de mamona, quanto para do BLaC de UF o aquecimento foi mantido a 70 °C por um período de 30 minutos. Passado este período, o aquecimento era desligado e as peças de BLaC permaneciam no molde para resfriamento e endurecimento do adesivo. No caso do PU de óleo de mamona, este período foi de 2 h, enquanto para o UF foi de 1 h.

Após este período, as peças eram retiradas do molde, e para verificar a eficiência dos mesmos e do processo utilizado para as colagens e prensagem, foram realizadas duas análises usando as peças de BLaC geradas: uma realizada visualmente para encontrar possíveis defeitos nas linhas de cola ou quaisquer outros problemas nas peças, e uma segunda para verificar se houve retorno elástico das peças (*springback*) e de quanto foi este retorno. Para esta segunda análise, assim que as peças eram retiradas do molde, um gabarito era definido a partir do delineamento das peças em papel, com caneta esferográfica, conforme ilustra a Figura 102.

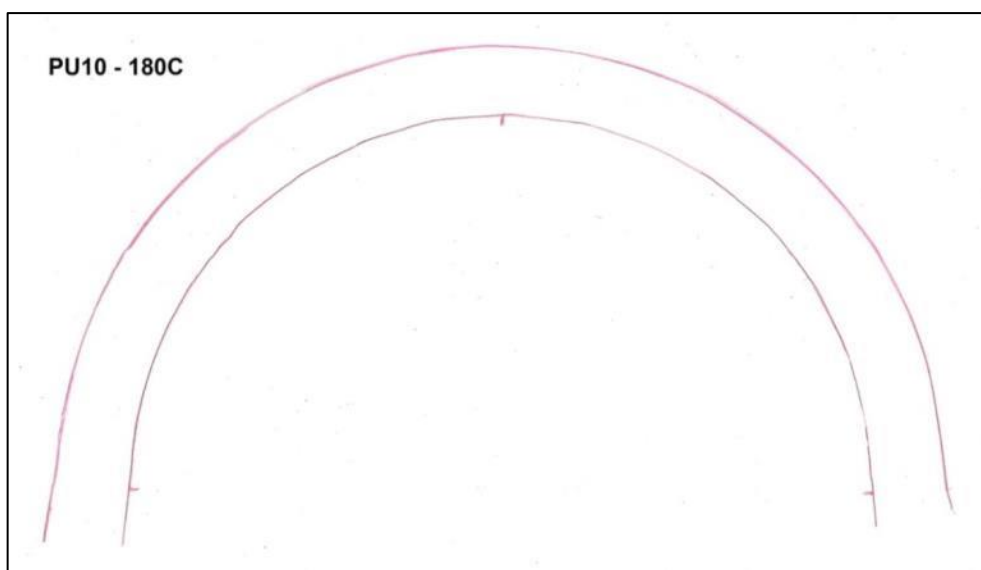
Figura 102. Delineamento da peça de BLaC em papel.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 103 apresenta o gabarito resultado do delineamento de uma das peças.

Figura 103. Gabarito feito a partir da peça de BLaC.

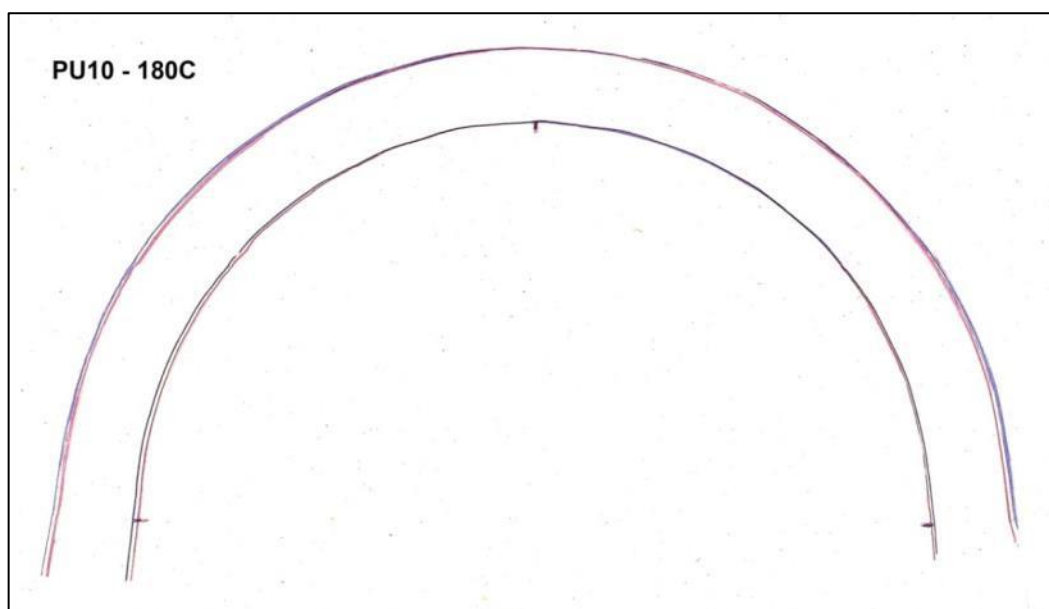


Fonte: Elaborado pelo autor

Para permitir a organização das informações obtidas com os gabaritos, e consequentemente sua análise, foram definidos códigos alfanuméricos para cada peça gerada, como o exemplo a seguir: peça código “PU10-90A”, onde PU representa o adesivo utilizado, no caso o poliuretano de óleo de mamona, e variando entre PU e UF; o número 10 significa que o molde utilizado foi de raio 10 cm; o número 90 indica que a abertura do molde é de 90°; e o “A” indica que foi a primeira das três peças produzidas neste molde; portanto, seguindo esta lógica, a próxima peça gerada com este mesmo molde será definida como PU10-90B.

Para análise do *springback* das peças, foram sobrepostos o gabarito feito com a peça de BLaC logo após sua retirada do molde (em cor vermelha) e o gabarito, gerado com a mesma peça, mas após 24 h da retirada do molde (em cor azul), período este necessário para cura completa do adesivo. A Figura 104 mostra o comparativo entre os dois gabaritos de uma das peças.

Figura 104. Gabarito comparativo para análise de *springback*.

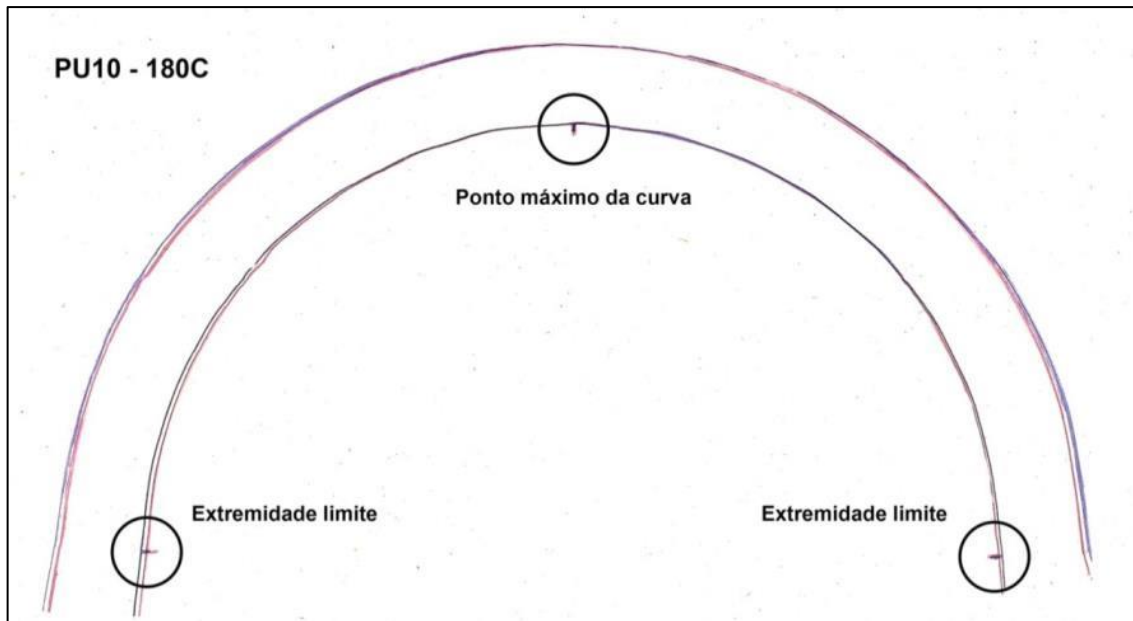


Fonte: Elaborado pelo autor

Os gabaritos comparativos de *springback* foram realizados para cada uma das três colagens feitas em cada um dos dez moldes, e também para cada um dos dois adesivos, o UF e o PU de óleo de mamona, separadamente.

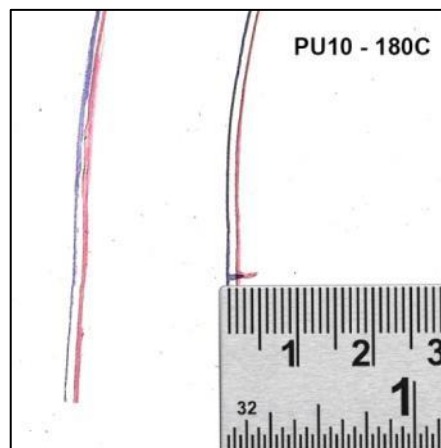
Para a análise dos gabaritos comparativos de *springback* foi adotado o seguinte método: 1º) Traçou-se nas peças de BLaC, com caneta esferográfica, uma marca no ponto máximo do topo da curva, e também nas duas extremidades limites do começo e fim da curva do molde; 2º) Estes traçados foram repassados para o gabarito no papel; 3º) O processo foi repetido com todas as peças, em todos os gabaritos; 4º) Ao sobrepor os gabaritos, manteve-se o ponto do topo da peça sempre na mesma posição, e foi medida a diferença entre a distância dos ponto limite das extremidades entre cada um dos gabaritos, em milímetros. Esta medida representa a variação de dimensões de uma mesma peça entre dois períodos distintos de tempo (ao sair do molde e após cura total do adesivo), ou seja, o quanto sofreu de *springback*. A Figura 105 mostra os gabaritos comparativos de *springback* da peça P10-90A, indicando-se o ponto máximo e as extremidades limites, e a Figura 106 apresenta um detalhe com a medição do valor de variação, no caso, de 1 mm.

Figura 105. Gabarito comparativo de *springback*.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 106. Detalhe com a medição da variação de *springback* de 1 mm.



Fonte: Elaborado pelo autor

4. RESULTADOS

4.1. MOLDES

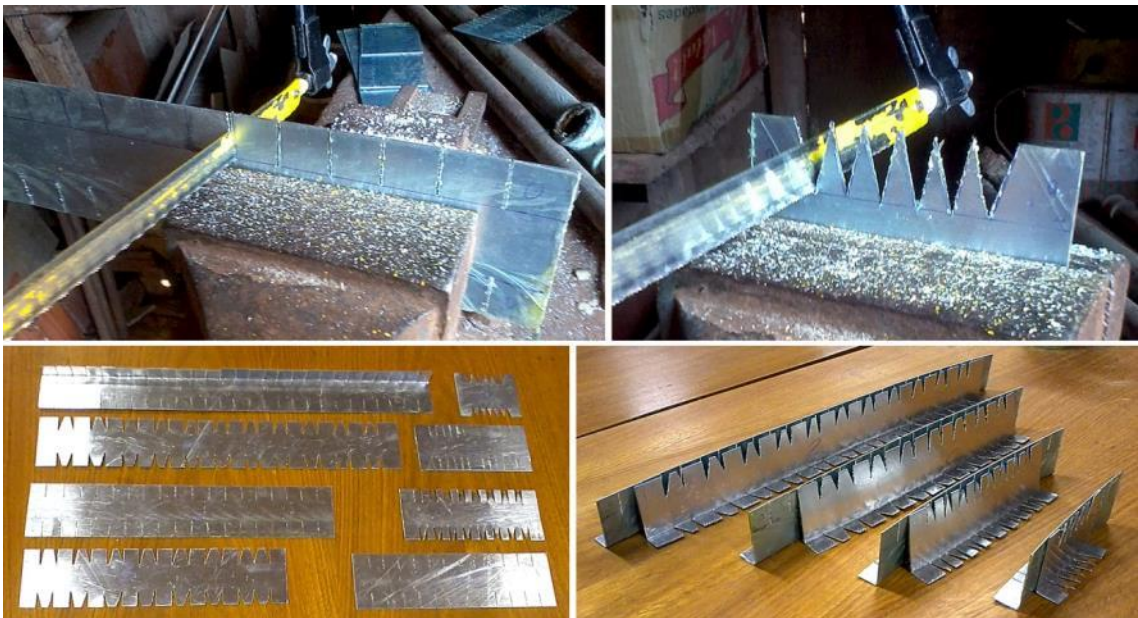
Após a construção dos moldes macho-fêmea com as chapas de compensado e aglomerado, foram utilizadas tiras de alumínio para confeccionar as partes que entram em contato com o BLaC, e que além de servir como dissipador de calor, também protegem o sistema de aquecimento e uniformizam a curva dos moldes. Primeiramente as tiras foram cortadas no tamanho adequado (Figura 107) e, em seguida, foram feitos dentes nas laterais das tiras, que foram então dobrados e serviram para fixar as tiras nos moldes através de parafusos com porca do tipo borboleta (Figuras 108 e 109) para facilitar a montagem e desmontagem do molde.

Figura 107. Tiras de alumínio cortadas nas medidas necessárias.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 108. Confeção dos dentes e dobras das tiras de alumínio.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 109. Furação das tiras de alumínio para fixação nos moldes e parafuso de fixação.



Fonte: Elaborado pelo autor

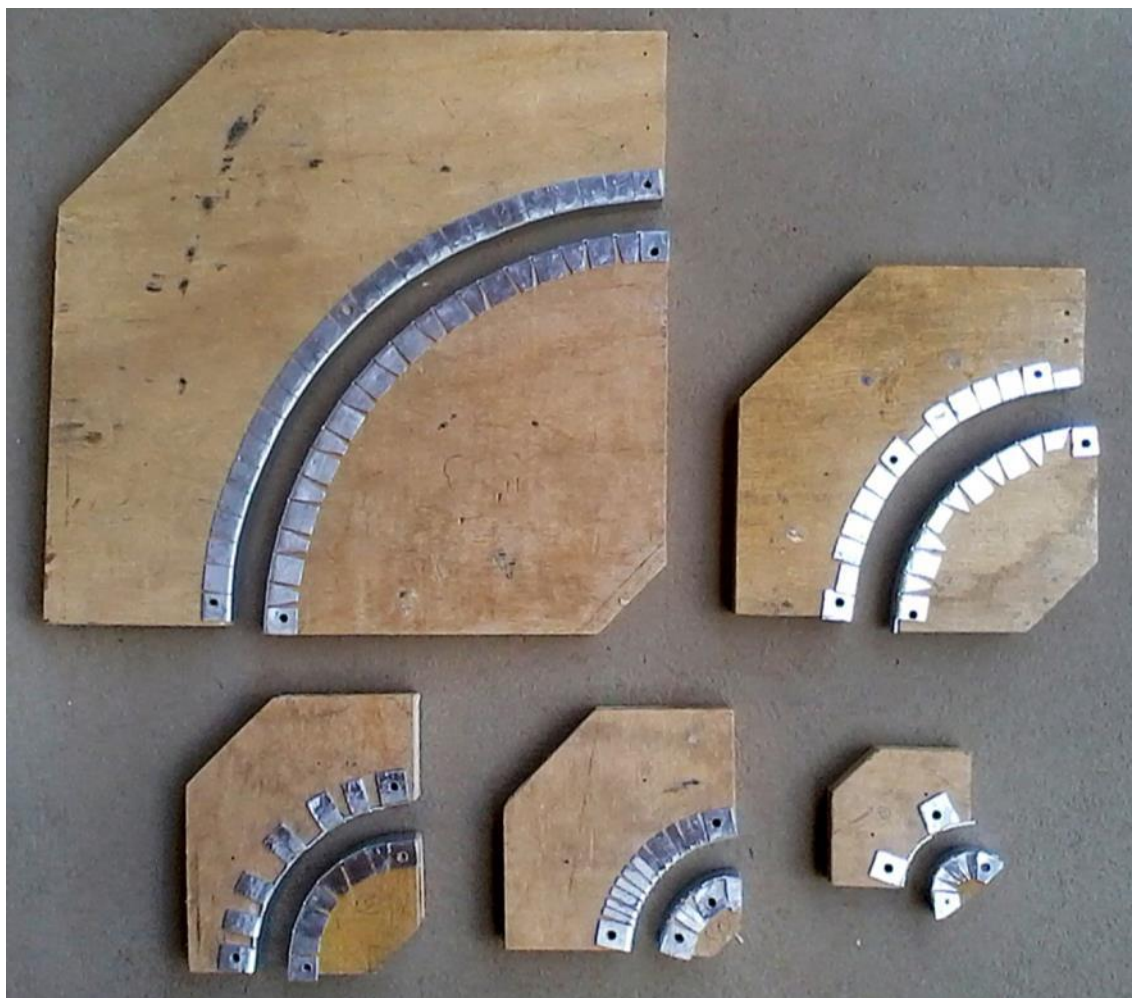
As Figuras 110 e 111 apresentam os moldes macho-fêmea finalizados e com as partes metálicas já acopladas.

Figura 110. Moldes de 180° de abertura finalizados.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 111. Moldes de 90° de abertura finalizados.

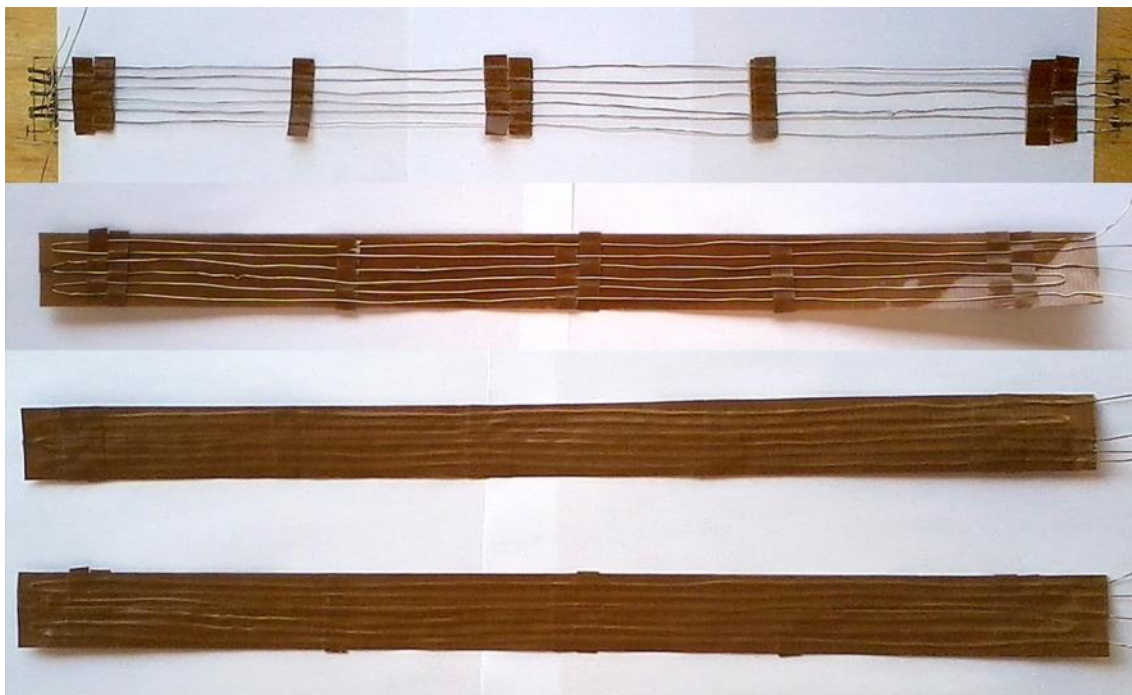


Fonte: Elaborado pelo autor

4.2. SISTEMA DE AQUECIMENTO

Para o aquecimento do molde, quatro fitas de aquecimento foram feitas, sendo duas com as dimensões de 50 cm x 3,5 cm e outras duas com 100 cm x 2 cm. Devido suas medidas e a flexibilidade dos materiais, somente com estas quatro fitas foi possível realizar, não simultaneamente, o aquecimento de todos os moldes. Ambas receberam 3,10 m de fio de resistência, os quais foram dispostos em zigue-zague dentro da área da fita teflon, e foram totalmente recobertos pela mesma (Figura 112).

Figura 112. Etapas da confecção do sistema de aquecimento.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para facilitar a ligação das fitas foram utilizados terminais do tipo olhal, parafusos e porcas do tipo borboleta (Figura 113).

Figura 113. Terminais instalados.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 114 mostra um dos moldes macho-fêmea já finalizado e com as fitas de aquecimento posicionadas e inseridas na estrutura.

Figura 114. Molde finalizado com as fitas de aquecimento.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3. ESPESSURAS DAS LÂMINAS DE BAMBU

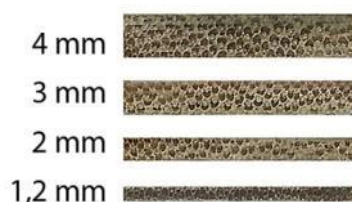
Para cada um dos cinco moldes com seus raios distintos foram realizados os testes de espessura de lâminas, buscando utilizar a lâmina mais grossa possível por molde, tendo sido obtida uma espessura ideal para cada um dos raios, como apresentado na Tabela 12. Apesar de usar lâminas de 5 mm nos testes, estas não foram capazes de serem curvadas em nenhum dos moldes, portando, a maior espessura usada foi de 4 mm. A Figura 115 mostra uma imagem de topo das ripas definidas por sua espessura.

Tabela 12. Espessuras das ripas para cada medida de raio.

Raio	3	6	10	15	30
Espessura da ripa (mm)	1,2	2	2	3	4

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 115. Espessura final das lâminas utilizadas.



Fonte: Elaborado pelo autor

É necessário ressaltar que durante os testes as ripas foram curvadas somente nas áreas que não apresentavam nós, devido ao fato destes serem mais frágeis, como citado por Janssen (1999) no item 2.3.1 e, portanto, romperam-se com maior facilidade, como mostra a Figura 116.

Figura 116. Teste com lâmina contendo nó no centro da peça.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4. COLAGEM E PRENSAGEM

Para controlar as condições dos experimentos de colagem e prensagem foram definidos fatores constantes (Tabela 13) e fatores variáveis (Tabela 14).

Tabela 13. Fatores constantes.

Fatores	Constantes
Temperatura do molde	70 °C
Umidade das lâminas de bambu	15%
Torque	30 Nm
Tempo total de prensagem - Ureia-Formaldeído	1,5 h
Tempo total de prensagem - PU de óleo de mamona	2,5 h

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14. Fatores variáveis.

Fatores	Variáveis				
Espessura das lâminas (mm)	1,2	2	3	4	
Raio de curvatura dos moldes (cm)	3	6	10	15	30
Ângulo de curvatura dos moldes	90°			180°	
Tipo de adesivo	UF	PU de óleo de mamona			

Fonte: Elaborado pelo autor

Após o processo de colagem e prensagem, segundo os fatores constantes e variáveis, foram obtidas as peças de BLaC curvas. A Figura 117 apresenta uma peça de BLaC de cada um dos moldes, sendo os dois conjuntos da parte superior confeccionados com o adesivo UF e os dois inferiores com o adesivo PU.

Figura 117. Peças obtidas com as prensagens em cada um dos moldes, para os dois tipos de adesivos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Com cada uma das três peças de BLaC curvas (A, B e C) geradas por molde, foram feitos os gabaritos comparativos para análise de *springback*. As variações obtidas com as peças com o adesivo PU de óleo de mamona são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15. Variação dos gabaritos comparativos para análise de *springback* com o adesivo PU.

Adesivo PU de óleo de mamona				
Ângulo de abertura da curva	Raio do molde (cm)	Variação (mm)		
		A	B	C
90°	30	0,5	2	0,75
	15	0	0	0
	10	0	0	0
	6	0	0	0
	3	0	0	0
180°	30	2	3,5	1,5
	15	0,75	0,75	0
	10	1,5	0,5	1
	6	0	0	0
	3	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

As peças confeccionadas com o adesivo de PU de óleo de mamona, e ângulo de abertura de 90° apresentaram alta estabilidade, variando no máximo 2 mm na peça B do molde de raio 30 cm, enquanto que as três peças geradas com os moldes de raio 3 cm, 6 cm, 10 cm e 15 cm não apresentaram variações.

Já nos moldes de abertura angular de 180°, a variação foi mais frequente e também maior em intensidade do que as vistas nos moldes de 90°. As peças do molde de raio 30 cm tiveram variação máxima de 3,5 mm, na peça B, enquanto as peças do molde de raio 15 cm apresentaram variação máxima de 0,75 mm, nas peças A e B, as peças geradas com o molde de raio 10 cm tiveram variação máxima de 1,5 mm, na peça A. As peças geradas com os moldes de raio 6 cm e 3 cm não apresentaram variações. No total, das trinta peças geradas com o adesivo PU de óleo de mamona, somente onze delas apresentaram deformação, com a variação se dando entre 0,5 mm e 3,5 mm.

As variações obtidas com as peças com o adesivo UF, são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16. Variação dos gabaritos comparativos para análise de *springback* com o adesivo UF.

Adesivo UF				
Ângulo de abertura da curva	Raio do molde (cm)	Variação (mm)		
		A	B	C
90°	30	0	0,5	0,75
	15	0	0	0
	10	0	0	0
	6	0	0	0
	3	0	0	0
180°	30	1	3	2
	15	0,5	1,5	0,5
	10	0	0	0
	6	0	0	0,5
	3	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim como as peças geradas com os moldes de abertura angular de 90° com o adesivo PU de óleo de mamona, as peças confeccionadas com esses mesmos moldes, mas com o adesivo UF apresentaram poucas variações, sendo a variação máxima de 0,75 mm na peça C do molde de raio 30 cm, a maior registrada. Os moldes de raio 15 cm, 10 cm, 6 cm e 3 cm, também de abertura de 90° não apresentaram variações em suas peças.

Já nos moldes de abertura angular de 180°, com o adesivo UF, a variação foi mais frequente e também maior em intensidade do que as vistas nos moldes de 90°. As peças do molde de raio 30 cm tiveram variação máxima de 3 mm, na peça B, enquanto as peças do molde de raio 15 cm apresentaram variação máxima de 1,5 mm, na peça B, e as geradas com o molde de raio 6 cm tiveram variação máxima de 0,5 mm, na peça C. As peças geradas com os moldes de raio 10 cm e 3 cm não apresentaram variações. No total, das 30 peças geradas com o adesivo UF, somente nove delas apresentaram deformação, com a variação se dando entre 0,5 mm e 3 mm.

5. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

A primeira etapa desenvolvida nesta pesquisa foi a revisão bibliográfica sobre os temas que cercam este trabalho, como sustentabilidade, design para sustentabilidade, bambu, bambu processado e o BLaC curvo. As informações colhidas sobre o conceito de sustentabilidade e sua intersecção com o design, ou seja, o design para a sustentabilidade, vieram a contextualizar as bases deste trabalho e situá-lo em um cenário onde a sustentabilidade, a cada momento, tem ganhado maior atenção da sociedade e tende a ser um fator indispensável para qualquer projeto de design.

As características relatadas sobre o bambu também o inserem no contexto da sustentabilidade, não somente por sua utilização no campo como planta voltada ao cultivo e comercialização, mas principalmente por seus desdobramentos como matéria-prima sustentável para produtos industrializados. Uma destas aplicações é na forma do bambu laminado colado e também sua versão curva. Neste momento da pesquisa, ficou claro o déficit existente em relação a informações sobre métodos de confecção do BLaC curvo, pois apenas poucas referências foram encontradas sobre o tema.

O fato de existir esta escassez em relação a trabalhos sobre o BLaC curvo dificultou em parte o andamento da pesquisa, porém, ao mesmo tempo, demonstrou uma possível inovação por parte desta dissertação, e confirma a importância no desenvolvimento deste trabalho para fomentar o uso industrial do bambu no Brasil.

Com a falta de informações sobre o BLaC e métodos para sua curvatura, foi necessário buscar um material próximo a ele para embasar a pesquisa, e este material foi a madeira, mais especificamente a madeira laminada colada. Apesar de este material ser explorado industrialmente a mais de um século, a literatura em língua portuguesa sobre o tema também é escassa, sendo necessária a pesquisa em publicações internacionais, principalmente dos Estados Unidos, onde este material é largamente utilizado. Assim foi possível fechar a revisão bibliográfica e definir de maneira mais precisa os principais pontos para o desenvolvimento de uma metodologia de curvatura do BLaC.

Para a realização dos experimentos de curvatura foram confeccionados moldes, que se mostraram eficientes já que foi possível realizar a conformação das ripas seguindo uma curva desejada e ao mesmo tempo manter um alto nível de precisão na reprodutibilidade das peças geradas. Além disto, os moldes também permitiram a produção das peças de forma relativamente simples e rápida, sendo este último fator, dependente em maior parte do adesivo utilizado do que do molde em si. Apesar dos resultados favoráveis, é recomendada a realização de testes com outros tipos de molde, principalmente o molde do tipo macho-fêmea segmentado, para analisar se ocorre uma pressão mais uniforme por toda a peça de BLaC durante a prensagem.

Além dos moldes, foi necessário desenvolver um sistema de aquecimento para os mesmos, que permitisse o uso e controle de altas temperaturas para causar a deformação do bambu e a aceleração na cura do adesivo utilizado, acelerando o processo de prensagem. O sistema de aquecimento desenvolvido cumpriu de forma satisfatória as necessidades da pesquisa, pois foi realizado o aquecimento dos moldes e o controle da temperatura dentro de um valor fixo, com pouca variação. Outro fator relevante, é que as fitas aquecedoras, além de serem flexíveis, servindo para todas as curvas testadas, permitem de forma fácil a separação de seus componentes quando de seu descarte.

Para a definição das espessuras iniciais das ripas para cada curvatura de molde utilizado, seguiu-se um método manual de teste presente na revisão bibliográfica, e que apresentou resultados

eficazes, pois não somente forneceu espessuras mínimas de ponto de partida para as colagens, mas também se mostrou bastante preciso, já que nenhuma lâmina se quebrou durante as prensagens e o BLaC curvo gerado com as colagens não apresentou variações significativas de suas dimensões. E apesar dos moldes com 90° de abertura possibilitarem a conformação da lâmina com mais facilidade do que os moldes com 180°, essa diferença não foi suficiente para exigir uma espessura específica de lâmina para cada uma das duas aberturas em moldes de um mesmo raio.

Em relação às lâminas utilizadas nas colagens, sugere-se a realização de novas pesquisas utilizando folheados de bambu, ao invés das lâminas obtidas pelo processo de serragem, como foi realizado nesta pesquisa, pois os processos para obtenção de folheados podem gerar lâminas de bambu com espessuras mais finas do que as utilizadas neste trabalho (1,2 mm), o que permite o uso de raios menores, além do fato de que o processo de obtenção das folhas por torneamento reduz a geração de resíduos e, conseqüentemente, minimiza-se o desperdício de material.

O processo de colagem e prensagem não apresentou nenhuma inovação em relação aos métodos já existentes, porém, ele pode ser aprimorado, aumentando-se sua velocidade e precisão pelo uso de maquinário para a aplicação de adesivo nas lâminas e de prensas hidráulicas ou pneumáticas para pressionar os moldes.

Como foi comentado anteriormente, a variação registrada nas peças de BLaC curvo foi mínima, portanto, pode-se afirmar que o retorno elástico, ou *springback*, sofrido pelas peças foi quase irrelevante, pois levando-se em consideração a aplicação das peças para mobiliário, onde pequenas variações nas peças são aceitáveis e muitas vezes até esperadas, variações de no máximo 3,5 mm podem ser corrigidas facilmente. Dentre os dois adesivos, a maior deformação ocorreu com o poliuretano à base de óleo de mamona, porém, mesmo assim, seus valores excederam ligeiramente os atingidos pelas peças com adesivo de UF, o que justifica a continuidade de estudos como adesivo para confecção de BLaC curvo.

Esta pesquisa seguiu uma metodologia para curvatura de bambu laminado colado, voltado para confecção de mobiliário, formada pelas seguintes etapas: processamento inicial do bambu; confecção de moldes do tipo macho-fêmea; confecção de sistema de aquecimento elétrico com fitas; beneficiamento final das lâminas; definição da espessura das lâminas para cada molde; colagem e prensagem envolvendo fatores variáveis e constantes; e análise da variação de *springback* através de gabaritos comparativos. Portanto, pode-se afirmar que esta dissertação contribuiu de maneira efetiva na definição de diretrizes metodológicas que servem de base para a produção de BLaC curvo voltado para a confecção de mobiliário e, conseqüentemente, para o desenvolvimento e divulgação de estudos acerca do bambu em nosso país.

Além das sugestões de pesquisas apresentadas nos parágrafos anteriores, outros trabalhos podem ser realizados em continuidade a este, como: a aplicação da presente metodologia em outros tipos de moldes e curvas; o uso de outras espécies de bambu, como o *Guadua*; testar diferentes tipos de adesivo; estudar a curvatura do BLaC em mais de um plano; assim como realizar a análise de características físico-mecânicas das peças de BLaC curvo. Como se pode notar, existe ainda muito a ser pesquisado em relação ao BLaC curvo, sendo necessário tempo e investimento na área até que o Brasil possa explorar de maneira adequada todo o potencial contido no bambu e seus derivados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, C. A. **Determinação da carga crítica de instabilidade lateral no regime linear elástico, em vigas de madeira laminada colada (MLC)**. 2012. 110f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- ARRUDA, G. L. R. C. **O Design na Indústria Moveleira Brasileira e seus Aspectos Sustentáveis: estudo de caso no polo moveleiro de Arapongas-Pr**. 2009. 120f. Dissertação (Mestrado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2009.
- BARBERO, S.; COZZO B. **Ecodesign**. Königswinter: H. F. Ullman, 2009.
- BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21**. Petrópolis: Vozes, 1997.
- BARELLI, B. G. P. **Design para sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos**. 2009. 131f. Dissertação (Mestrado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2009.
- BINYUAN, Z.; JINGYAN, J. **Transfer of Technology Model (TOTEM): The Bamboo Furniture Making Unit**. Nanjing Forestry University, 2001.
- BONSIEPE, G. **Design, cultura e sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 12.484, de 8 de setembro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 set. 2011. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/30399358/pg-1-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-09-09-2011>>. Acesso em: 4 dez. 2013.
- BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate**. São Paulo: Editora Moderna, 1988.
- BYSTRIAKOVA, N.; KAPOV, V.; LYSENKO, I. **Bamboo Biodiversity: Africa, Madagascar and the Americas**. United Kingdom: Swaingrove Imaging, 2004.
- CARDOSO JUNIOR, M. L. **Recomendações para projeto de piso de Bambu Laminado Colado – BLC**. 2008. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- CARDOSO, Rafael. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Blucher, 2008.
- CASAGRANDE Jr., E. F.; UMEZAWA, H. A. **Bambu e Arranjos Produtivos Locais Sustentáveis (APLS): Sequestro de carbono, tecnologia social e sustentabilidade**. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE MATERIAIS E TECNOLOGIAS NÃO-CONVENCIONAIS: HABITAÇÕES E INFRA-ESTRUTURA DE INTERESSE SOCIAL, 2004, Pirassununga. Anais da Conferência Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais: Habitações e Infra-Estrutura de Interesse Social. Pirassununga, USP, 2004, p.67-77.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: V.1 - Safra 2013/14, n. 2 - Segundo Levantamento**. Brasília: CONAB, 2013.
- DORFLES, G. **Introdução ao desenho industrial: linguagem e história da produção industrial**. Lisboa: Edições 70, 1990.

ENVIRONMENTAL BAMBOO FOUNDATION. **Vertical Soak Diffusion Treatment Manual**. Bali - Indonésia, 2005.

ESELHO, J. C. C. **Tratamento químico de colmos de bambu pelo método de Boucherie modificado**. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2007.

FERRÃO, P. C. **Ecologia Industrial: Princípios e Ferramentas**. Lisboa: IST Press, 2009.

FIELL, C.; FIELL, P. **Design do Século XX**. Lisboa: Taschen, 2001.

GAION, C. P.; PASCHOARELLI, L. C.; PEREIRA, M. A. R. **O bambu como matéria-prima para o design industrial: um estudo de caso**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 3., 2005, Rio de Janeiro. Anais do 3º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, Rio de Janeiro, ANPED, 2005.

GANAPATHY, P. M.; HUAN-MING, Z.; ZOOLAGUD, S. S.; TURCKE, D.; ESPILOY, Z. B. **Bamboo Panel Boards a State-of-the-Art Review**. Technical Report, Beijing, n.12, 1999.

GRECO, T. M.; CROMBERG, M. **Bambu: cultivo e manejo**. Florianópolis: Editora Insular. 2011.

HARIKI, V. K.; VIEIRA D. R. A.; SANTOS T. B. O. **Extração da lignina a partir da semente de linhaça: antioxidante em joias de prata**. 2012. 54f. TCC (Técnico em Química) - Escola Técnica Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo the gift of the gods**. D'Vinni Ltda: Bogotá, 2003.

INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. [Site]. Disponível em: <<http://www.inbar.int/>>. Acesso em: 4 dez. 2013.

JANSSEN, J. J. A. **Building with bamboo: a handbook**. Warwickshire, UK: Practical Action Publishing, 1999.

JESUS, J. M. H. **Viga de MLC de rejeitos de Teca com adesivo à base de mamona**. Revista Madeira: arquitetura e engenharia, ano 4, n.10, 2003.

JOSÉ, F. J.; BERALDO, A. L.. **Tableros de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad) y resina poliuretana a base de aceite de rícino (*Ricinus communis* L.)**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, 2010.

KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

KELSEY, J. (Org.). **Fine woodworking on bending wood: 35 articles selected by the editors of Fine Woodworking magazine**. Newtown: The Taunton Press, 2005.

KUEHL, Y.; HENLEY, G.; YIPING, L. **The climate change challenge and bamboo: mitigation and adaptation**. INBAR Working Paper, Beijing, n.65, 2011.

LANNA, S. L. B.; DELGADO, P. S.; AYRES, E.; LAGO, R. M. **Eco-design: a eficiência de produtos feitos de bambu para o sequestro de carbono**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 10., 2012, São Luiz do Maranhão. Anais do 10º P&D Design - Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Luiz do Maranhão, UFMA, 2012, p.5489-5498.

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

- LIESE, W. **Preservation of bamboo structures**. Ghana Journal of Forestry Vol. 15-16. 2004.
- LIMA, M. A. M. **Introdução aos materiais e processos para designers**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2006.
- LONDOÑO, X. **Evaluation of bamboo resources in Latin America**: A Summary of the Final Report of Project No. 96-8300-01-4. INBAR Working Paper, Cali, n.35, 2001.
- LOURENÇO, M.; PEREIRA, M. A. R. **Desenvolvimento de mobiliário em bambu laminado sob os conceitos de ecodesign**. In: SIMPÓSIO PARANAENSE DE DESIGN SUSTENTÁVEL, 3., 2011, Londrina. Anais do 3º Simpósio Paranaense de Design Sustentável, Londrina, UEL, 2011, p.83-93.
- MALAVOLTA, A. T.; MORENO, M. E.; EVANGELISTA, S. H.; LIRANI, J.; AL-QURESHI, H. A. **Análise do retorno elástico em dobramentos de chapa via método dos elementos finitos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 3., 2005, Joinville. Anais do 3º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Joinville, 2005.
- MANRÍQUEZ, M. J.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. Revista Ambiente Construído, v. 9, p. 158-174, 2009.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.
- MARINHO, N. P.; NISGOSKI, S.; KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; MUNIZ, G. I. B. **Análise química do bambu-gigante (*Dendrocalamus giganteus* Wall. ex Munro) em diferentes idades**. Ciência Florestal, v. 22, n. 2, p. 417-422, 2012.
- MOIZÉS, F. A. **Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo**. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2007.
- MUSEU CASA BRASILEIRA. [Site]. Disponível em: <<http://www.mcb.org.br/>>. Acesso em: 4 dez. 2013.
- MÜLLER, C. **Holzleimbau: Laminated Timber Construction**. Basel: Birkhäuser, 2000.
- PADOVAN, R. B. **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais**. 2010. 184f. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.
- PAPANEK, V. **Design for the real world**. Human ecology and Social Change. Chicago: Academy Chicago Publishers, 1992.
- PAPANEK, V. **Arquitetura e Design: Ecologia e Ética**. Lisboa: Edições 70, 1995.
- PEIXOTO, L. K. **O potencial construtivo do bambu e as vantagens do laminado colado a partir deste insumo**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DA REDE BRASILEIRA DO BAMBU, 2., 2010, Rio Branco. Anais do 2º Seminário Nacional da Rede Brasileira do Bambu, Rio Branco, 2010, p.129-142.
- PELOZZI, M. M. A. **Estudo dos níveis de tensões de crescimento e influência da vaporização de toras na qualidade do desdobro da madeira de *Hevea brasiliensis***. 2012. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2012.

- PELTIER, F.; SAPORTA, H. **Design sustentável: caminhos virtuosos**. São Paulo : Editora Senac São Paulo, 2009.
- PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Editora Canal 6, 2008.
- PLATCHECK, E. R. **Design Industrial: metodologia de EcoDesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- RAMOS, B. P. F.; PEREIRA, M. A. R. **O Uso do Bambu Laminado Colado na Confeção de Mobiliário**. Revista Estudos em Design, Rio de Janeiro, RJ, v.22.1, abr. 2014.
- RAMOS, B. P. F.; VENTURA, F. C.; PEREIRA, M. A. R. **Design sustentável: estudo sobre a utilização do óleo de mamona e bambu como matéria-prima na produção calçadista**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESIGN SUSTENTÁVEL + INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE DESIGN, 4., 2013, Porto Alegre. A insustentável leveza do ser: anais do IV Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (SBDS) + International Symposium on Sustainable Design (ISSD), Porto Alegre, UniRitter, 2013, p.231-246.
- RAO, A. N.; RAO, V. R.; WILLIAMS, J. T. (Org.). **Priority Species of Bamboo and Rattan**. INBAR Technical Report, Serdang, n.1, 1998.
- REUBENS, R. **Bamboo in Sustainable Contemporary Design**. INBAR Working Paper, Beijing, n.60, 2010.
- RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 2003. 99f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- ROSA, S. E. S.; CORREA, A. R.; LEMOS, M. L. F.; BARROSO, D. V. **O Setor de Móveis na Atualidade: Uma Análise Preliminar**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 25, 2007.
- SCHLEINING, L. **The complete manual of wood bending**. Fresno: Linden Publishing, 2002.
- SCHNEIDER, B. **Design – uma introdução: o design no contexto social, cultural e econômico**. São Paulo: Blücher, 2010.
- STEVENS, W. C.; TURNER, N. **Wood bending handbook**. Petersburg: Fox Chapel Publishing, 2008.
- SZÜCS, C. A. **Aplicação da Madeira Laminada Colada: MLC em Elementos Construtivos**. Revista da Madeira, Curitiba - PR, v. 01, n.71, p. 94-97, 2003.
- SZÜCS, C. A.; TEREZO, R. F.; VALLE, A.; MORAES, P. D. **Estruturas de Madeira – Versão 2**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- SZÜCS, C. A.; SOARES, M.; CARLESSO, R. O.; PORATH, J. F. **Bambu laminado colado para fabricação de móveis em Santa Catarina**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DA REDE BRASILEIRA DO BAMBU, 2., 2010, Rio Branco. Anais do 2º Seminário Nacional da Rede Brasileira do Bambu, Rio Branco, 2010, p.143-154.
- TALABGAEW, S.; LAEMLAKSAKUL, V. **Experimental Studies on the Mechanical Property of Laminated Bamboo in Thailand**. World Academy of Science, Engineering and Technology, n.34, 2007.
- TAYLOR, Z. **Wood bender's handbook**. New York: Sterling Publishing, 2011.
- U. S. Department of Agriculture (Editor). **The Encyclopedia of Wood**. Publisher: Skyhorse Publishing, 2007.
- VAN DER LUGT, P. **Design Interventions for Stimulating Bamboo Commercialization: Dutch Design meets Bamboo as a Replicable Model**. Delft: VSSD, 2008.

VAN DER LUGT, P.; VOGTLÄNDER, J.; BREZET, H. **Bamboo, a Sustainable Solution for Western Europe: Design Cases, LCAs and Land-use.** INBAR Technical Report, Beijing, n.30, 2009.

VENTURA, F. C.; RAMOS B. P. F.; RIBEIRO, A. S.; SOARES, J. M. R.; OKIMOTO, M. L. L. R.; PASCHOARELLI, L. C. **Avaliação de diferencial semântico de bambu laminado colado.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA: PRODUTO, INFORMAÇÕES, AMBIENTE CONSTRUÍDO E TRANSPORTE, 13., 2013, Juiz de Fora. Anais do 13º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informações, Ambiente Construído e Transporte, Juiz de Fora, UFJF, 2013.

VENTURA, F. C.; RAMOS, B. P. F.; PEREIRA, M. A. R. **Verificação de aplicabilidade do adesivo de óleo de mamona na confecção de bambu laminado colado.** In: INTERNATIONAL WORKSHOP - ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 4., 2013, São Paulo. Anais do 4th International Workshop - Advances in Cleaner Production, São Paulo, UNIP, 2013.

VILELA JUNIOR, A.; DEMAJOROVIC, J. (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: Desafios e perspectivas para as organizações.** São Paulo: Editora Senac, 2006.

XIAO Y.; INOUE M.; PAUDEL S. K. (Org.). **Modern bamboo structures.** Boca Raton: CRC Press, 2008.

YUMING, Y.; CHAOMAO, H. **China's Bamboo: culture / resources / cultivation / utilization.** INBAR Technical Report, Beijing, n.33, 2010.

ZHAOHUA, Z. **Sustainable Development of the Bamboo and Rattan Sectors in Tropical China.** INBAR Proceedings, Beijing, n.6, 2001.

GLOSSÁRIO

Angiospermas - possuem sementes abrigadas no interior de frutos, são do grupo das plantas com flores.

Bambu leptomorfo ou monopodial - tipo alastrante, no qual os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros, é encontrado em zonas temperadas.

Bambu paquimorfo ou simpodial - tipo entouceirante, no qual os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros, é encontrado em zonas tropicais.

Condições edafoclimáticas - condições de solo e clima.

Folheado - termo comumente aplicado a qualquer tipo de finas camadas ou folhas de madeira, cortadas de uma tora.

Lignina – polímero amorfo responsável por aumentar a rigidez da parede celular, unir as células umas as outras e reduzir a permeabilidade da parede celular à água.

Plantas C4 - segundo Casagrande e Umezawa (2004), a definição de plantas C3 ou C4 se refere ao primeiro produto oriundo do processo fotossintético, as plantas C3 são limitadas pelo CO₂, enquanto as plantas C4 superam esta limitação de CO₂, utilizando o carbono disponível mais eficientemente que as plantas C3.

Raciocínio indutivo - consiste na derivação de um juízo universal a partir de um particular.

Retorno elástico (*Springback*) - distorção geométrica sofrida por uma peça, devido seu relaxamento, depois da retirada do molde ou matriz (MALAVOLTA *et al.*, 2005).

Transição vítrea - é a passagem de um estado desordenado rígido (vítreo) do polímero para um estado desordenado maior, no qual as cadeias poliméricas possuem uma maior mobilidade.