



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

**BAMBU LAMINADO TERMO-TRATADO:
METODOLOGIA APLICÁVEL NA OBTENÇÃO DE NOVAS
TONALIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DE
MÓVEIS SUSTENTÁVEIS**

Rodrigo Rocha Carneiro

Bauru – 2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

BAMBU LAMINADO TERMO-TRATADO: METODOLOGIA APLICÁVEL NA OBTENÇÃO DE NOVAS TONALIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DE MÓVEIS SUSTENTÁVEIS

Rodrigo Rocha Carneiro

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a 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 Antônio dos Reis Pereira.

Bauru – 2019

C289b	Carneiro, Rodrigo Rocha Bambu laminado termo-tratado: metodologia aplicável na obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis / Rodrigo Rocha Carneiro. -- Bauru, 2019 104 f. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru Orientador: Marco Antonio dos Reis Pereira 1. Design. 2. Design de móveis. 3. Sustentabilidade. 4. Bambu. 5. Tratamento térmico. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Banca Examinadora

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

Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

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

Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos
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 RODRIGO ROCHA CARNEIRO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 07 dias do mês de dezembro do ano de 2018, às 14:30 horas, no(a) Sala , reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS REIS PEREIRA - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Titular LUIS CARLOS PASCHOARELLI do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/ Câmpus de Bauru, Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RODRIGO ROCHA CARNEIRO, intitulada **BAMBU LAMINADO** **TERMO-TRATADO: METODOLOGIAS APLICÁVEIS NA OBTENÇÃO DE NOVAS TONALIDADES**

PARA O DESENVOLVIMENTO DE MÓVEIS SUSTENTÁVEIS. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APRO
VADO . 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 REIS PEREIRA

Prof. Titular LUIS CARLOS PASCHOARELLI

Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI

Dedico essa dissertação
à minha mãe, ao meu pai e
aos meus irmãos.

Agradecimentos

Primeiramente à Deus por nunca me faltar.

Aos meus pais, pela educação, exemplo e abnegação dados durante toda a minha vida.

Aos meus irmãos pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis.

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

À secretaria de Pós-Graduação por permitir que esse projeto não fosse interrompido.

À CAPES, pela bolsa de pesquisa.

Aos professores, técnicos e demais profissionais de outros departamentos que colaboraram para o andamento desta pesquisa.

Ao Prof. Cláudio Roberto y Goya, por me apresentar, a mim, como designer e por me apresentar, em seguida, um modo valoroso de fazer Design. Você foi o começo de tudo.

Hoje sei que, com o Design é possível mudar o mundo.

Ao Prof. Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira, que desde a graduação acreditou em minhas ideias e depositou sua confiança em minhas ações, por tudo o que fez por mim, o meu carinho especial.

A todos aqueles que colaboraram, direta e indiretamente, para o êxito desta pesquisa, do começo ao fim dessa jornada. A todos vocês...

Muito Obrigado!

Resumo

Com a crescente escassez de recursos naturais e a demanda por soluções sustentáveis na fabricação de produtos, o bambu revela-se como alternativa eficaz para produção de artefatos nos mais variados segmentos. Sua versatilidade, propriedades físico-mecânicas e estética já foram estudadas em diversas pesquisas, sendo possível encontrar no mundo todo excelentes exemplos de sua aplicação. No Brasil esse material ainda é pouco explorado e são raras as referências sobre métodos de beneficiamento do bambu, principalmente em sua versão laminada colada, quando nos referimos à obtenção de resultados estéticos e que atendam às demandas comerciais. O desenvolvimento de técnicas aplicáveis ao design torna-se fundamental para revelar o bambu como madeira alternativa viável para produção de móveis e atrativa para as necessidades simbólicas de consumo. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver metodologias para a obtenção de novas tonalidades de bambu laminado por meio de tratamento térmico. Primeiramente apresentando uma revisão teórica sobre os aspectos da sustentabilidade no design, na indústria e no consumo; sobre as vantagens do bambu enquanto matéria-prima e sobre o tratamento térmico. Em seguida, foram apresentados os procedimentos experimentais que passaram pela colheita e processamento dos colmos para a obtenção de ripas laminadas, tratamento térmico, obtenção de massa específica, testes de flexão estática e parametrização das cores obtidas. Os resultados apresentaram diretrizes capazes de auxiliar no desenvolvimento de produtos em bambu laminado colado termo-tratado.

Palavras Chave: Design; design de móveis; sustentabilidade; bambu; tratamento térmico.

Abstract

With the growing scarcity of natural resources and the demand for sustainable solutions in the manufacture of products, bamboo proves to be an effective alternative to the production of artifacts in the most varied segments. Its versatility, physicomaterial properties and aesthetics have already been studied in several pieces of research and, it is possible to find excellent examples of its application worldwide. In Brazil, this material is still little explored and there are rare references about bamboo processing methods when we refer to the aesthetic results and that meet commercial demands, especially in its laminated glued version. The development of techniques applicable to the design becomes fundamental to reveal bamboo as a viable alternative wood for furniture production and attractive to the symbolic consumption needs. The present research aims to develop methodologies to obtain new shades of laminated bamboo glued by heat treatment. Firstly, presenting a theoretical review on the sustainability aspects of design, industry and consumption; on the advantages of bamboo as a raw material and on the heat treatment. After that, the experimental procedures were presented, which went through the harvesting and processing of the stalks to obtain laminated slats, thermal treatment, obtaining of specific mass, tests of static flexion and parameterization of the colors obtained. The results presented guidelines capable of assisting in the development of products in thermo - treated cast laminated bamboo.

Keywords: Design; furniture design; sustainability; bamboo, thermal treatment.

Lista de Figuras

Figura 1. Pirâmide de Maslow ou Hierarquia das Necessidades de Maslow	27
Figura 2. Distribuição natural de bambu pelo planeta	44
Figura 3. Estrutura básica do colmo de bambu	45
Figura 4: Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante	46
Figura 5: Rizoma do tipo paquimorfo ou entouceirante	46
Figura 6. Distribuição dos vasos e fibras na parede do bambu	47
Figura 7. Etapas do processamento do bambu.....	53
Figura 8. Tipos básicos de colagem de BLaC.....	53
Figura 9. Poltrona desenvolvida por Tejo Remy e Reneé Veenhuizen.....	54
Figura 10. Cadeira Bambu #5 e Mesa Jabuti. Designer Paulo Foggiato	55
Figura 11. Pisos de bambu laminado termo-tratado, algumas tonalidades existentes.....	56
Figura 12. Motosserra movida à gasolina com sabre de 14 polegadas.....	58
Figura 13. Serra circular destopadeira com mesa deslizante	58
Figura 14. Serra circular refiladeira dupla, com suporte deslizante para o bambu	58
Figura 15. Serra circular esquadrejadeira	59
Figura 16. Fresadora duas faces, desenvolvida especialmente para a confecção de ripas laminadas de bambu.....	59
Figura 17. Tanque	59
Figura 18. Medidor de umidade de madeira MWD-14 da marca Minipa.....	60
Figura 19. Paquímetro digital Mitutoyo com resolução de 0,01 mm	60
Figura 20. Termômetro analógico com escala de -10°C a 210°C.....	60
Figura 21. Serra de fita vertical para madeira da marca Baldan.....	61
Figura 22. Estufa com renovação e circulação de ar Marconi	61
Figura 23. Balança de Precisão Marconi, modelo AS 2000C, com resolução de 0,01g	62
Figura 24. Estufa da Ad, modelo 480 ES com controle de temperatura de até 300°C	62
Figura 25. Máquina Universal de Ensaio EMIC, modelo DL 30.000	63
Figura 26. Espectrofotômetro Perkin Elmer, modelo Lambda 1050	63
Figura 27. Túnel de vento para secagem da madeira por ventilação forçada	64
Figura 28. Touceira de bambu da espécie <i>Dendrocalamus asper</i>	65
Figura 29. Metodologia de determinação da idade do colmo	65
Figura 30. Colheita e retirada dos galhos e gemas para a posterior produção de mudas	66
Figura 31. Beneficiamento do colmo em serra circular destopadeira (A) e serra circular refiladeira dupla (B)	67
Figura 32. Produto octaborato de sódio (A) e tratamento de imersão em tanque (B).....	67
Figura 33. Túnel de vento (A) e aspecto do colmo antes do destaque das ripas (B).....	68

Figura 34. Aspecto das ripas antes (A) e depois (B) do beneficiamento em serra circular de bancada.....	68
Figura 35. Beneficiamento em serra circular esquadrejadeira.....	69
Figura 36. Etapa de fresamento de ripas em fresadora duas faces	69
Figura 37. Confecção de corpos de prova	70
Figura 38. Ripas laminadas e classificadas por espessura antes (A) e depois (B) do fracionamento em corpos de prova.....	71
Figura 39. Secagem final dos corpos de prova em estufa.....	71
Figura 40. Teor de umidade dos corpos de prova antes e depois do processo de secagem final.....	72
Figura 41. Tratamento térmico em estufa (A) com auxílio de termômetro (B) para controle da temperatura	72
Figura 42. Obtenção da massa específica aparente	73
Figura 43. Teste de flexão estática	74
Figura 44. Da esquerda para a direita, amostras de bambu laminado submetidos às temperaturas de 200°, 190°, 180°, 160°, 140° e 120°C, respectivamente.....	76
Figura 45. Ripas submetidas ao mesmo procedimento sem o controle das variáveis envolvidas	76
Figura 46. Padrão de ruptura ocorrido nas ripas expostas à temperaturas superiores a 160° C, após teste de flexão estática	77
Figura 47. Tendência de “descolamento” das fibras observado após corte das ripas submetidas à temperatura de 200° C.....	78
Figura 48. O escurecimento da ripa não altera as suas características superficiais originais	80
Figura 49. Aspecto das camadas internas de uma ripa termo-tratada fracionada após tratamento térmico	80

Lista de Tabelas

Tabela 1. Cronologia dos principais acontecimentos relacionados à sustentabilidade	23
Tabela 2. Evolução das empresas sustentáveis	32
Tabela 3. Desempenho das ações de sustentabilidade X demais ações do mercado.....	34
Tabela 4. Principais geradores de custos da indústria de produtos florestais	37
Tabela 5. Participação do Brasil na produção mundial de produtos florestais	38
Tabela 6. Participação do Brasil na exportação mundial de produtos florestais	39
Tabela 7. Espécies prioritárias de bambu	51
Tabela 8. Média dos valores obtidos na obtenção da Massa Específica Aparente e nos testes de Flexão Estática.	77

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Relação entre a resistência e a dureza, em relação à massa específica aparente, para bambu e outros materiais.	49
Gráfico 2 – Comportamento médio das cores de BLaC obtidas na faixa visível do espectro.	79

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente

BLaC – Bambu Laminado Colado

BM&F – Bolsa de Mercadorias e Futuros

BOVESPA – Bolsa de Valores de São Paulo

FAO – Food and Agriculture Organization

GEE – Gases de Efeito Estufa

GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

IAC – Instituto Agronômico de Campinas

IBA – Índice Brasileiro de Ações

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBPGR – International Board of Plant Genetic Resources

INBAR – International Network for Bamboo and Rattan

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISE – Índice de Sustentabilidade Empresarial

ISR – Investimento Sustentável Responsável

MIT – Massachusetts Institute of Technology

PIB – Produto Interno Bruto

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PVC – Policloreto de polivinila

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

STCP – Empresa de consultoria, engenharia e gerenciamento de projetos (a sigla representa as iniciais dos nomes dos sócios)

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

WWF – World Wide Fund For Nature

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Gráficos

Lista de Siglas e Abreviaturas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Gerais	19
1.1.2 Específicos.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA	20
2 REVISÃO TEÓRICA.....	21
2.1 SUSTENTABILIDADE, DESIGN E CONSUMO	21
2.1.1 Sustentabilidade e Design: dimensão estratégica	21
2.1.2 O Consumo e o Valor Estético da mercadoria.....	26
2.2 SUSTENTABILIDADE E INDÚSTRIA	29
2.2.1 Desafios, oportunidades e tendências.....	30
2.2.2 Índice de Sustentabilidade Empresarial.....	33
2.2.3 Mercado de carbono	34
2.3 SUSTENTABILIDADE, MADEIRA E O SETOR MOVELEIRO	35
2.3.1 Florestas e indústria madeireira	35
2.3.2 Sobre o comércio sustentável da madeira.....	38
2.3.3 O apagão florestal	40
2.3.4 Sobre a indústria moveleira.....	40
2.4 O BAMBU	42
2.4.1 Características gerais.....	44
2.4.2 Vantagens Ambientais	48

2.4.3 Características físico-mecânicas	49
2.4.4 Espécies prioritárias	50
2.4.5 Bambu Laminado Colado (BLaC).....	52
2.5 TRATAMENTO TÉRMICO DO BAMBU	55
3 MATERIAIS E MÉTODOS	57
3.1 MATERIAL.....	57
3.1.1 Bambu Laminado	57
3.1.2 Equipamentos	57
3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	64
3.2.1 Colheita.....	64
3.2.2 Processamento do colmo	66
3.2.3 Tratamento e secagem dos colmos.....	67
3.2.4 Fresamento	69
3.2.5 Confeção dos corpos de prova	70
3.2.6 Tratamento Térmico	71
3.2.7 Massa Específica Aparente.....	73
3.2.8 Ensaio de flexão estática.....	73
3.2.9 Testes de repetição de procedimento.....	74
3.3.10 Parametrização da cor	75
4 RESULTADOS	75
4.1 Tratamento Térmico	75
4.2 Massa Específica Aparente e Flexão Estática.....	77
4.3 Parametrização da cor	78
4.4 Testes de repetição de procedimento	79
5 CONCLUSÕES.....	81
6. CONTRIBUIÇÕES FUTURAS	82
BIBLIOGRAFIA	83
APÊNDICES	88
APÊNDICE A – Relação de espessuras obtidas em corpos de prova	89

APÊNDICE B – Valores de Massa Específica Aparente obtidos em cada amostra	92
APÊNDICE C – Relatórios de ensaios de Flexão Estática para cada intervalo de temperatura obtido, respectivamente: 120°, 140°, 160°, 180° e 200°C.....	94
APÊNDICE D – Valores de Refletância (R%) obtidos em espectrofotômetro	99

1 INTRODUÇÃO

A prática do Design, desde sua ascensão na Revolução Industrial, permitiu o surgimento de artefatos cada vez mais diferenciados e contribuiu em paralelo a outros fatores, com a consolidação do consumo de massa. A inovação como prática competitiva entre fabricantes diminuiu o ciclo de vida dos produtos e a tecnologia permitiu a redução dos custos de produção, o que ampliou a demanda por novidades acrescentando a essa dinâmica um processo de consumo e descarte mais numeroso e acelerado. A contemporaneidade é marcada pelo ápice dessa lógica que, reforçada pela globalização e pelos sistemas de informação, tornou tudo simples a todos, homogeneizando as ofertas e intensificando a concorrência em um grau de sofisticação nunca antes alcançado.

Indústrias e grandes marcas já sofrem com o chamado processo de comoditização, onde a inovação se tornou mais rara e, quando alcançada, deve ser logo transmitida a fim de garantir um ineditismo que será efêmero. Como saída, surgem práticas de mercado que apelam para o subjetivo – hoje o produto não é mais produto, mas sim experiência ou *life style*. No outro lado da dinâmica estão os consumidores, peças-chave desse grande mecanismo. Houve o tempo em que a busca por artefatos se resumia apenas na resolução de necessidades básicas (comer, vestir, proteger-se) o consumidor contemporâneo quer mais, pois o consumo é hoje uma expressão. A percepção sobre o poder do consumidor já é o centro de todas as teorias de mercado, porém também é fato que esse poder trouxe outras consequências típicas que marcam o contemporâneo, dentre elas o acúmulo de lixo e o iminente esgotamento de recursos naturais.

Com o passar das décadas, a pressão desse processo sobre o planeta despertou em todos os personagens desse ciclo uma reflexão sobre as consequências a médio e longo prazo dessas práticas. No setor moveleiro, por exemplo, já se discute o que ficou conhecido como “apagão florestal”, nome criado para se definir uma crise futura onde a oferta de madeira será inferior à demanda por produtos que tendem a seguir uma lógica de consumo onde o objeto em questão deixou de ser um bem durável, sendo substituído de tempos em tempos por outra opção que atenda a moda vigente. A noção de sustentabilidade também chegou aos ouvidos do consumidor, criando reações de engajamento que consolidaram em novas práticas de mercado mais esforçadas em atender a essa nova necessidade: ser verde. Infelizmente essas ações ainda são rasas e mesmo com o alarde de estudiosos quanto ao iminente esgotamento de recursos naturais, a prática da sustentabilidade por parte de todos os personagens ainda é pautada na conveniência, sendo comunicada pela indústria como diferencial de marca, mais para atender as normas e leis vigentes do que por verdadeiro engajamento ou consciência estratégica.

A sustentabilidade é definida como um conjunto de ações ambientais, econômicas e socioculturais que devem ser realizadas no presente a fim de que se possa garantir a sobrevivência das gerações futuras. Por definição, os aspectos citados são indissociáveis e devem ser tratados com a mesma importância, porém a contemporaneidade é marcada por um contexto com diversos personagens que atuam com diferentes interpretações e se influenciam para manter uma lógica que prioriza o lucro imediato e a satisfação de diversas necessidades individuais. O designer desempenha um importante papel nesse cenário, pois o mesmo é potencializador desse processo. Ao mesmo tempo em que deve atender aos interesses da indústria, no que tange as necessidades de mercado, deve ser também consciente de seus atos, produzindo soluções que reduzam ou não gerem impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade. Para o designer, agir de forma sustentável no contemporâneo é confrontar com diversos interesses, o que nos revela que o seu papel já deixou de ser apenas projetual, necessitando de um talento empreendedor e articulador que dialogue facilmente com os discursos da lógica do consumo.

Com a crescente escassez de recursos naturais e a demanda por soluções sustentáveis na fabricação de produtos, o bambu revela-se como alternativa eficaz para os desafios da sustentabilidade e produção de artefatos nos mais variados segmentos. Conhecido como a madeira do futuro, possui ótimas características físico-mecânicas, sendo uma grande alternativa aos problemas florestais. Dentre os seus derivados, o bambu laminado colado (BLaC) é sem dúvida a sua forma mais promissora, podendo ser aplicado na produção de móveis. Nota-se porém, que no Brasil essa cultura ainda é pouco explorada, havendo apenas a sua presença em pequenos utensílios domésticos de baixo custo, em geral importados da China. Torna-se necessário considerar aplicações e técnicas de beneficiamento que coloquem o bambu em um patamar de matéria-prima de valor agregado, capaz de substituir a madeira não apenas nos processos fabris, mas também nas necessidades simbólicas de consumo e nos anseios da indústria, no que tange a lucratividade e perenidade no negócio.

Uma técnica explorada em pesquisas com madeiras, no tocante a melhoria da resistência do material, é o tratamento térmico, ou termorretificação. Essa técnica, não apenas protege a madeira como também altera a sua coloração, pois submete o material a elevadas temperaturas em um processo que induz à pré-carbonização. Sua utilização no BLaC já é presente na China, principalmente na confecção de pisos, elevando a versatilidade do material ao oferecer no mercado produtos com diferentes opções de cores ainda ao aspecto natural, sem utilização de corantes ou vernizes.

O tratamento térmico, utilizado em madeiras, já foi testado no bambu laminado colado enquanto técnica na obtenção de novas tonalidades desse material, porém os estudos

realizados não direcionaram a aplicação dos resultados para a prática do design, o que dificulta, por exemplo, o aproveitamento dessa técnica por parte da indústria e do mercado moveleiro. Se a cor é um elemento determinante de qualidade e preço de produtos finais fabricados em madeira, torna-se imprescindível o desenvolvimento de metodologias que comprovem a aplicação do BLaC termo-tratado no design de mobiliário como uma possível solução à extração de madeiras nativas, hoje protegidas por leis.

Com o intuito de contribuir para os estudos acerca do BLaC e suas diversas aplicações no design de mobiliário, o presente projeto pretende desenvolver metodologias que comprovem a viabilidade do material termo-tratado na confecção de móveis, a partir de uma revisão bibliográfica sobre os temas: sustentabilidade, design, consumo, desafios e oportunidades no setor industrial, madeira, indústria moveleira, bambu laminado colado e tratamento térmico ou termorretificação; que justifiquem, sob os aspectos econômicos, a importância das ações de sustentabilidade, criando assim novos argumentos que defendam o uso deste material e que sensibilizem a indústria de que ações sustentáveis podem ser lucrativas.

Os procedimentos experimentais utilizaram bambus da espécie *Dendrocalamus asper* e ocorreram em quatro etapas principais: colheita, processamento e tratamento das ripas laminadas para a confecção de corpos de prova; tratamento térmico e obtenção de novas tonalidades; análise física e mecânica, com obtenção de massa específica aparente e teste de flexão estática; e parametrização das cores obtidas. A análise dos dados apontou diretrizes capazes de orientar a prática do design na concepção de móveis em BLaC termo-tratado, possibilitando assim a formulação de novas justificativas para a inserção dessa matéria-prima na indústria moveleira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Gerais

Desenvolver uma metodologia de tratamento térmico eficaz para obtenção de novas tonalidades de bambu laminado.

1.1.2 Específicos

- Obter novas tonalidades de bambu laminado;
- Realizar testes analíticos e paramétricos nas ripas laminadas termo-tratadas;
- Analisar a consistência dos resultados obtidos com foco na sua utilização no design de mobiliário.

1.2 JUSTIFICATIVA

A busca por práticas de produção e consumo sustentáveis há décadas é assunto em diversas disciplinas. As discussões acerca do tema já comprovaram que o planeta passa por um momento de esgotamento de recursos naturais, quadro esse que se não for revertido, impossibilitará a vida na Terra das próximas gerações.

A indústria moveleira é uma das principais responsáveis pelo desequilíbrio ambiental, visto que a sua cadeia de suprimentos é composta por etapas extremamente nocivas à própria sustentabilidade do setor. Começando pela extração não controlada de recursos não renováveis, passando por processos fabris irresponsáveis, sistemas de distribuição poluidores e práticas de mercado que incentivam a obsolescência dos produtos a fim de gerar um aumento no consumo de bens que deveriam ser duráveis.

As pesquisas geradas ao longo dos anos sobre sustentabilidade contribuíram para evidenciar as consequências dessa dinâmica, porém a produção de projeções não resolve o momento atual que necessita urgentemente de soluções eficazes, de fácil aplicação e economicamente atrativas para que o tema não seja visto de forma utópica pelo mercado. A utilização de matérias-primas alternativas é uma saída a essa problemática, e na indústria moveleira o bambu se apresenta como solução possível, porém sua participação no mercado ainda é tímida e sua versatilidade não foi totalmente explorada.

O processo de tratamento térmico para a obtenção de novas tonalidades de BLaC entra como uma possível ferramenta de aplicação desse material no mercado, visto que viabiliza, dentre outras coisas, o desenvolvimento de produtos que atendam não apenas os requisitos de sustentabilidade como também as necessidades simbólicas de consumo que, na contemporaneidade, condicionam o comportamento da indústria que necessita constantemente renovar seu portfólio de produtos além de apresentar diversas opções dos mesmos para garantir a sua lucratividade.

Desta forma, o presente projeto visa contribuir diretamente com a sustentabilidade, a partir da valorização de um material alternativo comprovadamente viável na substituição da madeira para a fabricação de móveis. Outro elemento intrínseco ao projeto é o fato de possuir um caráter paliativo a partir do momento que se utiliza de procedimentos dominados pela indústria a fim de gerar menor impacto ambiental sem alterar sobremaneira os hábitos já consolidados pelo homem. Considerando que cultura de consumo é algo histórico, difícil de mudar ou manipular e que o momento ambiental atual é crítico e alarmante, pesquisas de caráter prático e passíveis de serem aplicáveis de forma imediata podem surgir como saída para o momento presente enquanto outros estudos contribuem com o futuro da mesma problemática.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 SUSTENTABILIDADE, DESIGN E CONSUMO

A sustentabilidade, compreendida, de forma sucinta, como o conjunto de ações realizadas no presente capazes de garantir a sobrevivência das gerações futuras, se apoia em três pilares fundamentais: meio ambiente, economia e sociedade/cultura, e considera-se que os mesmos possuem igual valor, sendo inclusive, indissociáveis. O discurso da sustentabilidade não é recente, porém é na contemporaneidade que os impactos negativos do nosso modo de vida têm apontado a consequência inevitável de nosso futuro: a total extinção de recursos e, conseqüentemente, da espécie humana.

O presente capítulo pretende abordar esta temática, passando brevemente pela evolução histórica do tema, discutindo a participação do design e do consumo nos dias de hoje e propondo um olhar mais apurado sobre estes personagens a fim de se construir uma percepção mais consciente das necessidades atuais, justificando a relevância de soluções mais alinhadas com os interesses da sustentabilidade e da contemporaneidade.

2.1.1 Sustentabilidade e Design: dimensão estratégica

Desde meados do século 19, a palavra “progresso” resumiu a forma de pensar e agir economicamente na sociedade contemporânea. O progresso foi considerado a principal forma de desenvolvimento, regendo o mundo dos negócios e moldando parte das políticas dos países. Na prática, isso significou incentivar o consumo e construir infraestrutura para tal, explorando a natureza de todas as formas e a qualquer custo. Esses pressupostos foram adotados com voracidade pelas mais diversas sociedades e o resultado foi uma contemporaneidade desigual e um impacto ambiental negativo nunca antes visto na Terra (SOUZA, 2012).

O crescimento da produção industrial a partir da II Guerra Mundial contribuiu sobremaneira para o aumento da cultura de consumo de produtos e serviços, no entanto, percebe-se que os padrões adotados atualmente nos levam a reconhecer a inviabilidade da exploração indiscriminada de recursos naturais (GUIMARÃES, 2009). Cerca de 80% desse crescimento se deu entre 1950 e 1997 quando a degradação do meio ambiente aumentou em grande escala e a cobertura total de florestas tropicais reduziu em 25% (FUAD-LUKE, 2010).

Neto (2011) afirma que desde o processo de industrialização, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera saltou de 200 ppm (partes por milhão) para 395 ppm. Em função dessa curva ascendente e das projeções de nível de atividade econômica, crescimento demográfico e desenvolvimento tecnológico, a elevação de temperatura média da Terra neste

século deve situar-se entre 1,9 °C e 4,6 °C. Para evitarmos processos irreversíveis de comprometimento da base de sustentação dos ecossistemas, precisamos limitar o aquecimento climático a 2 °C, o que é equivalente a uma concentração de gases de efeito estufa de 450 ppm na atmosfera. Essa concentração será ultrapassada se emitirmos mais que 1800 gigatoneladas de carbono ao longo de todo o século XXI. O problema é que, até 2020, teremos emitido 900 gigatoneladas de carbono, metade do que é recomendado pelo IPCC até 2100. Isso significa que teremos que reduzir a emissão de carbono, a partir de 2020, para aproximadamente 1/5 da emissão média atual.

Manzini e Vezolli (2008, p. 328) afirmam que de todo o CO₂ produzido “80% provém dos processos de transformação energética (em particular petróleo e carvão), 17% através das produções industriais e os restantes 3% através dos desmatamentos florestais”. O processamento da madeira está presente nas três cadeias citadas e se considerarmos que parte dos desmatamentos são provenientes de incêndios, esses números ficam ainda mais alarmantes. Estudos da WWF Brasil relatam que entre os anos de 1970 e 2000 houve uma perda de biodiversidade de cerca de 35% no planeta, comparável apenas a eventos de extinção em massa causados por desastres naturais e jamais pelo ser humano, como agora.

Há pelo menos quatro décadas o mundo vem debatendo as questões relacionadas ao desenvolvimento e ao meio ambiente, inicialmente com a constatação dos problemas ambientais, denunciados pelo movimento ecologista nos anos 60. Os debates se ampliaram nos anos seguintes, e as graves questões sociais começaram a ser consideradas também como resultado de um conceito de desenvolvimento que não trazia mais benefícios ao ser humano (SOUZA, 2012).

Quando foi divulgado, em 2007, o quarto relatório do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima), houve forte polêmica. O relatório afirmava, com 90% de certeza científica, que o aquecimento global é um processo resultante das emissões de gases de efeito estufa decorrentes da ação humana. Os governos dos diversos países acusavam os cientistas de serem catastrofistas e os cientistas acusavam os governos de camuflarem o problema em função de conveniências políticas (NETO, 2011). Algumas das principais iniciativas e discussões acerca do tema tomadas ao longo dos anos são relatadas na Tabela 1.

Tabela 1. Cronologia dos principais acontecimentos relacionados à sustentabilidade

LINHA DO TEMPO DA SUSTENTABILIDADE		
1968	Clube de Roma - Limites do Crescimento	Composto por cientistas, industriais e políticos, discutiu os limites do crescimento econômico e o uso crescente dos recursos naturais. Publicou o relatório “Limites do Crescimento”, projetando que, em apenas 100 anos, o planeta entraria em colapso.
1972	Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano - PNUMA	A Conferência de Estocolmo resultou na Declaração sobre o Ambiente Humano e na criação do PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente).
1974	Seminário de Educação Ambiental	Realizado em Jammi, Finlândia. A Educação Ambiental passa a ser reconhecida como educação integral e permanente.
1977	Congresso de Educação Ambiental	Realizado em Brazzaville, África, reconheceu a pobreza como o maior problema ambiental.
1978	Certificação Ambiental	Surge a certificação ambiental por iniciativa da Alemanha.
1983	Criação da CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente.
1987	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente da ONU	A comissão apresentou o relatório “Nosso Futuro Comum”, ou “Relatório Brundtland”, conceituando e definindo o desenvolvimento sustentável como a única alternativa para o futuro da humanidade.
	Congresso Internacional da UNESCO/PNUMA sobre Educação e Formação Ambiental	Realizado em Moscou, reafirma os princípios de Educação Ambiental e assinala a importância e necessidade de pesquisa e da formação em Educação Ambiental
1988	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas	Constituição do IPCC com o objetivo de fornecer informações científicas, técnicas, ambientais, sociais e econômicas que contribuam para o entendimento das mudanças climáticas.
1989	Declaração de Haia	Preparatório para o Rio-92. Aponta a importância da cooperação internacional nas questões ambientais.
1992	Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – Rio-92 / ECO-92	Realizada no Rio de Janeiro, resultou na Carta da Terra, na Declaração de Princípios sobre as Florestas, nas Convenções sobre Diversidade Biológica e Mudanças Climáticas e na Agenda 21.
1994	Conferência para o Desenvolvimento Social	Realizado em Copenhague, teve como meta a criação de um ambiente econômico, político, social, cultural e jurídico que permita o desenvolvimento social.
1996	ISSO 14001	Lançada a norma internacional com diretrizes para auxiliar as empresas a identificar, priorizar e gerenciar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços.
1997	Protocolo de Quioto	Acordo para a redução de emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2% até o período entre 2008 e 2012.
	GRI (Global Reporting Initiative)	Fundada e sediada na Holanda, a GRI oferece estrutura, conceitos e métricas para a elaboração de relatórios de sustentabilidade, formato hoje mundialmente aceito.
1998	Instituto Ethos	Criado no Brasil por um grupo de empresários e executivos da iniciativa privada para ajudar as empresas a gerir seus negócios de forma socialmente responsável.

1999	Índice de Sustentabilidade Dow Jones	Lançado na Bolsa de Valores de Nova Iorque, é composto por ações de empresas consideradas líderes em desenvolvimento sustentável, conforme critérios financeiros, ambientais e sociais.
2000	Pacto Global	Iniciativa da ONU para incentivar a comunidade empresarial internacional a adotar políticas de sustentabilidade em seus negócios. As empresas, ao aderirem ao Pacto, se comprometem com 10 princípios relacionados às áreas de direitos humanos, relações de trabalho, meio ambiente e combate à corrupção.
	Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM)	Líderes de 191 países membros da ONU, na Cúpula do Milênio, realizada em Nova Iorque, definem as Metas do Milênio e aprovam oito compromissos para melhorar o destino da humanidade neste século.
2002	Rio+10	A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, reunida na África do Sul, conhecida como Rio+10, revisa as ações da Agenda 21 para se alcançar o desenvolvimento sustentável.
	Resolução CONAMA 307	Elaborada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil.
2004	ABNT NBR 16001	Publicação da norma brasileira sobre Gestão da Responsabilidade Social.
2005	Ratificação do Protocolo de Quioto	Em reunião das Conferências das Partes (COPs), realizada no Canadá, e com a adesão da Rússia, segundo maior poluidor do mundo, a cota foi atingida e o Protocolo ratificado por 141 países, entrando em vigor no mesmo ano.
	2005 e 2006	São registrados no USGBC os primeiros empreendimentos brasileiros para a obtenção da certificação LEED.
2007	Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – COP-13	Em reunião na Indonésia, os países aprovam o projeto “Mapa do Caminho”, que estrutura as negociações até o próximo encontro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas em 2009, na Dinamarca.
2009	COP-15	Acontece na Dinamarca com um sabor de fracasso. A 15ª Conferência sobre Mudanças Climáticas não conseguiu unificar os objetivos ambientais aos econômicos entre os países ricos e pobres.
2010	ISO 26000	Aprovada a norma internacional de responsabilidade social, elaborada pelo Grupo de Trabalho da ISSO de Responsabilidade Social (ISSO/WGSW), constituído por mais de 360 especialistas e observadores de mais de 60 países.
	Política Nacional de Resíduos Sólidos	Publicada a Lei brasileira nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com um conjunto de instrumentos para a prevenção e redução na geração de resíduo, o aumento da reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos e destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.
2012	Rio+20	Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável. O documento final “O Futuro que queremos” foi considerado tímido e genérico. Foi apresentado o Fórum de Sustentabilidade Empresarial Rio+20, promovido pelo Pacto Global.

Fonte: adaptado de Arruda (2009) e Souza (2012)

Sem dúvida, o novo paradigma da sociedade é a sustentabilidade. Chegamos a um momento em que é necessário reinterpretar o conceito de desenvolvimento, contemplando maior harmonia e equilíbrio do ser humano com a natureza, entre o todo e as partes, e combinar os processos econômicos, sociais, culturais e políticos para que haja inclusão social e para que os recursos naturais das gerações futuras não sejam comprometidos (SOUZA, 2012).

Certamente o aspecto mais visível do termo sustentabilidade é a dimensão ambiental e, no design, vimos surgir frentes que questionam a forma atual de utilização dos recursos e de concepção de produtos. Dentre elas está o *ecodesign*, que procura prever o resultado desejado em todos os seus aspectos, considerando a renovação dos processos produtivos, bem como dos hábitos comportamentais, a fim de se alcançar uma maior sustentabilidade ambiental (BARBERO; COZZO, 2009).

É fato que, apesar das inúmeras produções no tocante ao design sustentável, o discurso ainda está distante da efetiva implementação pois, não se alinhou de forma profunda com os aspectos econômicos e imediatistas dos setores industriais, talvez por isso não conseguimos desempenhar um papel tão eficiente nesse contexto. Mas se considerarmos Kazazian (2009, p. 30) “A economia e a ecologia podem ser pensadas juntas. As raízes etimológicas da economia evocam uma gestão do patrimônio sem despesa inútil ou uma relação entre as partes, enquanto a ecologia designa o estudo das relações que se produzem no espaço vivo”.

Como atender, portanto, as questões ambientais sem entrar em conflito com os interesses empresariais, de forma que a sociedade possa também se beneficiar dos ganhos, mesmo nessa lógica onde o consumo é a máxima? E ainda: Como realizar essa transformação de forma imediata, diante da já presente escassez de recursos naturais? Talvez a solução resida na compreensão de que, no contemporâneo as relações são complexas e que as respostas só serão alcançadas se esta complexidade for levada em consideração. É preciso ir além do ato de projetar é preciso alinhar interesses e, se não for possível, será preciso compreendê-los para ao menos manipulá-los em prol de algo maior.

Uma boa noção desse abismo no modo de ver os bens de consumo está no relato de Rafael Cardoso (2013):

Aquilo que o campo do design costuma descrever como *produto* corresponde a uma fração apenas da vida dos artefatos: o período de vida útil que vai da fabricação até o descarte. Trata-se de uma visão bastante restrita, como se disse, pois, o mesmo artefato pode sobreviver materialmente por muito tempo após ser inutilizado. De modo análogo, os economistas reduzem ainda mais a questão ao empregarem o termo “mercadoria”, o qual descreve o artefato unicamente durante o período curtíssimo em que está à venda. Ambas são visões essencialmente

centradas no proveito que pode ser tirado do artefato, seja em termos do seu aproveitamento pelo uso ou sua realização como lucro. O presente impasse ambiental nos obriga a adotar outro olhar para o artefato – como *cultura material*, ou seja: o vestígio daquilo que somos como coletividade humana. Os artefatos são expressão concreta do pensamento e do comportamento que nos regem. O conjunto de todos os artefatos que produzimos reflete o estado atual de nossa cultura. Tirando pelo enorme acúmulo de lixo, ou objetos desprovidos de sentido, que nos cerca por todos os lados, somos uma civilização profundamente contraditória. Quanto mais buscamos fabricar sentido, refinando matérias-primas em bens acabados, mais rapidamente mergulhamos no informe e no disforme.

2.1.2 O Consumo e o Valor Estético da mercadoria

A fabricação de sentido citado por Cardoso (2013) é um dos aspectos mais utilizados na comercialização de produtos e bens. Em um panorama industrial globalizado onde o número de concorrentes e de produtos ofertados aumentam, ao mesmo tempo em que o consumidor possui opções de compra variadas, a necessidade de diferenciação e posicionamento tornam-se fundamentais para a sobrevivência das empresas. O marketing há muito tempo identificou o design como ferramenta fundamental nesse ambiente em crescente padronização. Para Kotler e Keller (2006, p. 371) o design tem um papel importante no mercado, pois o mesmo “é o fator que oferecerá uma constante vantagem competitiva”. Infelizmente a função inovadora do design vem sendo substituída por práticas cosméticas cada vez mais elaboradas e copiadas. Postrel (2004 apud KOTLER; KELLER, 2006) relata que em um mercado muito competitivo a estética passa a ser, geralmente, a única forma de destacar um produto.

Segundo Lipovetsky (1989, p.160) “A lei é inexorável: uma firma que não cria regularmente novos modelos perde em força de penetração no mercado e enfraquece sua marca de qualidade numa sociedade em que a opinião espontânea dos consumidores é a de que, por natureza, o novo é superior ao antigo.” Essa dinâmica criada pela moda e reforçada por ferramentas de marketing colocou a aparência estética num patamar de valor de uso prometido, onde sua existência se torna um meio motivador da compra, um instrumento para se obter dinheiro (HAUG, 1997).

Uma das bases dessas justificativas está na famosa pirâmide de necessidades de Maslow (Figura 1), ferramenta utilizada pelo *marketing* a fim de se praticar uma oferta ideal ao mercado consumidor.

Figura 1. Pirâmide de Maslow ou Hierarquia das Necessidades de Maslow



Fonte: adaptado de vários autores

A pirâmide nos mostra que existem níveis de necessidade no consumidor. Em teoria um nível acima só poderia ser alcançado quando os níveis abaixo forem saciados. Sendo assim, uma pessoa que sofre de fome (nível 1), jamais se importaria com o ambiente *gourmet* de um restaurante renomado (nível 4). De fato, faz sentido, pois apenas sanadas necessidades de sobrevivência é que nos permitimos dar importância a outras demandas. Porém, a fluidez da contemporaneidade vem mostrando que as antigas definições não suportam mais a realidade.

Supomos uma família com baixo rendimento, seus hábitos de consumo se restringirão à compra de alimentos básicos como feijão e arroz e roupas para se abrigar do frio. Gastos com luxo estão praticamente descartados para esta camada da população.

O luxo está descartado? Será verdade? Não é o que diz uma pesquisa realizada no último Natal, onde consumidores da classe D (com renda familiar em torno de R\$750,00) revelaram que, entre suas principais intenções de compras, estão produtos como TV de plasma, LCD ou LED".

Enfim, naquele tempo em que nossos avôs compravam um par de calçados para durar a vida inteira podia sim existir uma hierarquia de necessidades, hoje, acredito eu, cada vez menos essa hierarquia é "escalada" de grau por grau. (ADREASI, 2011).

É possível relacionar o relato de Andreasi (2011) com diversos outros casos. Talvez a entrada dos *smartphones* seja um bom exemplo de necessidade implantada em nosso cotidiano e vendida como prioritária nos dias de hoje. Teoricamente a comunicação móvel deveria estar no terceiro nível da pirâmide, porém devido às diversas aplicações oferecidas pelo objeto, podemos afirmar que o mesmo perambula entre os dois primeiros níveis, dependendo do usuário.

Esse tipo de consumo é comum nos dias de hoje, pois as práticas de comunicação em *marketing* nos condicionam a distorcer nossas necessidades, colocando os dois últimos níveis da pirâmide como os únicos a serem alcançados na lógica do consumo. Por serem níveis estritamente subjetivos, as grandes marcas se utilizam do design como ferramenta para evidenciar esses valores condicionantes de compra, seja em publicidades com forte carga estética e cada vez mais ricas em poética, seja na elaboração de *shapes* inovadores para produtos. Hoje, o que está à venda é a emoção e vence quem a comunicar da melhor forma.

Essa dinâmica em torno da satisfação de necessidades e desejos dos indivíduos, mediada pelo design e pelo consumo, conta, evidentemente, com a interferência da indústria. Ela, de modo geral, é responsável pelo diagnóstico das carências e das oportunidades existentes no mercado consumidor em que atuam. A contrapartida financeira, portanto, a qual inclui a compensação dos investimentos despendidos na produção e o aumento do caixa da empresa, é o barômetro que sinaliza, por fim, as necessidades e desejos que serão contemplados, estimulados ou mesmo criados, e as soluções de design que de fato chegarão às prateleiras. Desse modo, o design torna-se parte do plano estratégico de negócios das empresas. E encontra no marketing um parceiro importante para atender aos interesses do fabricante e do consumidor (Niemeyer, 2002 apud AMORIN, 2010).

Essa colaboração tem início nos Estados Unidos, nos anos 50. Época em que o país, segundo Whiteley (1993), consolidava-se numa sociedade consumista. O sistema econômico baseava-se na abundância e no desejo, e a obsolescência programada funcionava como motor, estimulando a constante aquisição e/ou reposição de produtos lançados na última moda. Todos esses fatores aliados à competição intensa e cada vez mais crescente entre os fabricantes levaram a uma conjuntura de mercado que, para se sustentar, demandava forte segmentação do público consumidor e uma maior diferenciação entre produtos. Marketing e design, nesse contexto, surgiram como resposta, configurando uma mescla que se mostraria imbatível com o passar dos anos. O estilo de vida do consumidor, portanto, tornou-se objeto de estudo inesgotável do marketing, o qual passou a retirar dali dados essenciais para a orientação da produção em função da lógica de segmentação de mercado. De posse desses dados, o design - em seus níveis: visceral, comportamental e reflexivo - tinha recursos para projetar o conceito e as características físicas do produto. O que proporcionava uma solução com identidade, distinta da concorrência, e em sintonia com o nicho de mercado a partir do qual foi idealizada. Essa cooperação entre design e marketing no nível produtivo prevalece nos países capitalistas, centrais ou periféricos, em maior ou menor nível, até os dias atuais (AMORIN, 2010).

A sociedade contemporânea, que valoriza a abundância e não a utilidade das coisas, não raro recai na futilidade, ameaçando o equilíbrio do meio ambiente, compreendido, em

uma perspectiva sistêmica, em suas múltiplas e complexas inter-relações, que incluem as dimensões socioculturais. “Os significados da cultura material, portanto, inter-relacionam-se com os significados da própria existência dos sujeitos, salientando-se a importância de se promover a sua autorrealização e a extensão de satisfação e bem-estar, relacionados a estilos de vida e condutas sociais” (DUNAJSKI, ONO; RIAL, 2010 p. 28). Na contemporaneidade podemos dizer que o consumo se tornou cultura. Ele nos define e transforma sobremaneira a nossa relação com o mundo a nossa volta. Mônica Moura (2014 p.27 e 28) comenta:

O consumo é um dos aspectos determinantes na contemporaneidade. Vivemos a sociedade do consumo, muitas vezes desenfreado e desnecessário, porém determinante em nossa vida. Como já dissemos anteriormente, as mudanças das políticas econômicas, com a valorização de diferentes moedas, a popularização do crédito e as facilidades e estímulo ao consumo, somados ao crescimento da capacidade produtiva, são fatores determinantes que levam a grande massa das populações a adquirir bens das mais variadas espécies. Por outro lado, o crescimento da industrialização, somado ao desenvolvimento tecnológico de sistemas, equipamentos e materiais, gerou processos mais facilitadores e o barateamento de custos para atender e gerar novas demandas de produtos. Tudo isso cria um fluxo intenso de oferta, inclusive à obsolescência programada e perceptiva, que faz com que as pessoas continuem estimulando e mantendo a roda-viva do mercado econômico e produtivo por meio do consumo.

A emancipação de um modo de vida individualista e exageradamente consumista promovido pelo capitalismo leva a crer que devemos construir uma capacidade de desenvolver novos modos de vida. Tais condutas emancipatórias, no entanto, demandam esforços conjugados da sociedade, visando a metamorfoses sistêmicas, frente às inúmeras dificuldades e barreiras existentes. E o potencial do designer, como um dos mediadores desses processos, é relevante, não como aquele que detém algum poder especial, mas como um dos elos de articulação entre várias esferas do conhecimento – humanidades, tecnologias, artes, economia, dentre outras – traduzidos em formas, funções, valores e sentidos de artefatos desenvolvidos no mundo (DUNAJSKI, ONO; RIAL, 2010).

Uma possível saída seria transformarmo-nos (os designers) em sujeitos mais atuantes, planejando cenários e práticas culturais sistêmicas e sustentáveis, projetando sistemas de produtos e serviços que propiciem mudanças de comportamento – do consumismo excessivamente individualista ao compartilhamento coletivo, da prática da obsolescência e descarte desnecessários à política de valorização, intensificação e extensão do uso de artefatos.

2.2 SUSTENTABILIDADE E INDÚSTRIA

A biosfera está sendo destruída, talvez irreversivelmente, pelas demandas que lhe são impostas por uma sociedade industrial cujos componentes centrais revelam falhas. O

sistema industrial é um processo linear, movido à energia de combustível fóssil, pelo qual esgotamos recursos e criamos lixo, em vez de um sistema ecológico cíclico, autossustentado. As mesmas forças que criaram o problema, tanto o mercado quanto a intervenção do Estado, são capazes de apresentar soluções, caso a inteligência prevaleça sobre a ganância. Questões ambientais são frequentemente concebidas como uma escolha entre economia e ambiente, mas podemos ter ambos, isto é, a saúde ambiental pode e deve impulsionar a saúde da economia a longo prazo. Precisamos portanto, criar uma economia restaurativa, ou seja, um sistema de comércio e produção movido à energia renovável e em que todo o resíduo corresponda a “alimento” para outro processo (HAWKEN, 1994).

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o macro ambiente da sustentabilidade sob os aspectos da indústria, não por meio de um discurso “doutrinário”, mas sim por meio de argumentos já existentes e que consideram as influências das práticas sustentáveis como um eficiente mecanismo de geração de lucro e rentabilidade.

2.2.1 Desafios, oportunidades e tendências

Hoje é amplamente aceito que, mesmo que conseguíssemos reduzir drástica e rapidamente as emissões de gases de efeito estufa, alguns impactos da mudança climática são inevitáveis. Há, portanto necessidade urgente de se promover adaptações nos padrões de produção e consumo no curto prazo, como já evidenciam os crescentes altos custos de eventos climáticos extremos. De acordo com análise realizada pelo WBCSD (2008) esse cenário prevê diversos riscos potenciais para a indústria. Dentre eles podemos citar riscos de falência, danos aos ativos e quebras de contrato em consequência de eventos extremos; interrupção do suprimento de combustível na cadeia; redução da disponibilidade de água para produção, causando perdas e alteração de equipamentos; perda de receita por causa do impacto das mudanças do clima nos consumidores; e fechamento de unidades em zonas costeiras devido a enchentes e aumento no nível do mar (ALMEIDA, 2009).

Se nos anos 1990 ganhou força a noção de “qualidade por toda a empresa”, muito mais forte é a convicção deste início de milênio de que a sustentabilidade é uma questão para toda a empresa e para todas as empresas, do marketing à gestão, dos recursos humanos à estratégia.

Em vários países europeus, tem crescido a consciência a respeito dos impactos negativos que o padrão de produção industrial implantado no século XX traz para as sociedades modernas. Dentre tais impactos, destacam-se a poluição ambiental de diversas ordens (atmosférica, visual, sonora), a produção excessiva de lixo como decorrência do modelo de consumo massivo, vinculado ao modelo de industrialização, a precarização das

condições de trabalho, especialmente nos países tidos como emergentes ou de industrialização tardia, além de outros. Algumas das manifestações objetivas em direção de uma produção sustentável revelam-se em projetos e práticas sociais mais recentes, tais como os movimentos pela utilização de fontes alternativas de energia (mais limpas e renováveis), como a energia solar, eólica, proveniente de biomassa, maremotriz e células a combustível, entre outras; em movimentos pelo consumo social e ambientalmente responsável; em investimentos mais voltados à conservação de recursos naturais e direitos humanos (NETO, 2011).

Das pequenas às grandes inovações, a busca da sustentabilidade impõe-se nos diversos planos: processos mais limpos e econômicos do ponto de vista dos recursos naturais; produtos igualmente inovadores em termos de novas funções e menor impacto ambiental; novas matérias-primas para produtos já conhecidos; serviços mais intensos em conhecimento para a gestão ambiental; políticas internas de administração que envolvam educação, tecnologia e redução de gastos relacionados a matéria-prima, processos de produção e formas de organização do trabalho (NETO, 2011 cap.1).

Nidumolu, Prahalad e Ragaswami (2009) apud Nakagawa (2011) apontaram a sustentabilidade como o próximo mecanismo de vantagem competitiva. Esses autores explicam que o desafio da sustentabilidade já começa a transformar o cenário competitivo, que forçará as empresas a mudar a forma como pensam seus produtos, tecnologias, processos e modelos de negócio. Essa teoria gerou um modelo lógico de evolução para empresas sustentáveis, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Evolução das empresas sustentáveis

	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4
	Obrigações como oportunidade	Cadeia de valor sustentável	Produtos e serviços sustentáveis	Novos modelos de negócio
Desafio central	Garantir que obrigações normativas se tornem uma oportunidade para inovação	Aumentar a eficiência na cadeia de valor	Desenvolver ofertas sustentáveis e tornar as existentes mais eco-amigáveis	Encontrar uma forma inédita de entregar e capturar valor que alterará as bases da competição
Competências necessárias	Habilidade para antecipar e propor legislação. Habilidade para trabalhar com outras empresas, incluindo rivais para incrementar soluções criativas.	Conhecimentos técnicos específicos, como gestão da cadeia do carbono e avaliação do ciclo de vida do produto. Habilidade para redesenhar operações que utilizem menos recursos, produzam menos emissões e gerem menos lixo. Capacidade para garantir que fornecedores e varejistas tornem suas operações mais sustentáveis.	Habilidade para conhecer os produtos que são mais danosos ao meio ambiente. Habilidade para obter o apoio do público para ofertas sustentáveis e que não caiam na categoria de <i>greenwashing</i> . Conhecimento gerencial para ampliar a oferta de matérias-primas e produzir bens mais duráveis.	Capacidade para entender o que o consumidor quer e vislumbrar diferentes soluções para atender à demanda. Habilidade para entender como os parceiros podem fortalecer o valor das ofertas.
Oportunidade de inovação	Utilizar as obrigações regulatórias para incentivar a empresa e seus parceiros a experimentar tecnologias, materiais e processos mais sustentáveis.	Desenvolver fontes sustentáveis de matérias-primas e componentes. Aumentar o uso de energia limpa, como eólica e solar. Encontrar usos inovativos para produtos retornados.	Aplicar técnicas como a biomimética no desenvolvimento de produtos. Desenvolver embalagens compactas e eco-amigáveis.	Desenvolvimento de novas tecnologias que mudam a cadeia de valor significativamente. Criar modelos de monetização mais baseados em serviços do que em produtos. Conciliar modelos de negócio que combinam infraestruturas física e digital

Fonte: Nakagawa (2011), adaptado de Nidumoli, Prahalad e Rangaswami (2009).

Em resumo, os argumentos para a implantação de inovações em termos de sustentabilidade se tornam mais simples se utilizarmos o discurso da gestão onde, sob o aspecto econômico é possível se obter redução de insumos, multas e penalidades por poluição em excesso; e sob o aspecto estratégico é possível ter ganhos como melhoria de imagem institucional, renovação de portfólio de produtos, aumento de produtividade, acesso aos mercados externos e melhoria no relacionamento com os *steakholders* (governos, ONGs, comunidade, colaboradores, etc.) (NETO, 2011).

É nessa lógica que algumas iniciativas surgiram, não apenas para incentivar a prática industrial sustentável, mas também para diagnosticar, sob a ótica econômica, os prós e contras dessa nova tendência. Dentre eles, destacam-se o Índice de Sustentabilidade Empresarial e o mercado de carbono.

2.2.2 Índice de Sustentabilidade Empresarial

O ISE é uma ferramenta para análise comparativa da performance das empresas listadas na BM&F BOVESPA sob o aspecto da sustentabilidade corporativa, baseada em eficiência econômica, equilíbrio ambiental, justiça social e governança corporativa. Também amplia o entendimento sobre empresas e grupos comprometidos com a sustentabilidade, diferenciando-os em termos de qualidade, nível de compromisso com o desenvolvimento sustentável, equidade, transparência e prestação de contas, natureza do produto, além do desempenho empresarial nas dimensões econômico-financeira, social, ambiental e de mudanças climáticas.

Para os investidores, a sustentabilidade representa uma oportunidade, na medida em que o mercado de Investimento Sustentável e Responsável (ISR) segue sua trajetória de expansão e comprova a demanda por empresas cujas atividades possam se sustentar no longo prazo, com ganhos ambientais, sociais e econômicos (SIMONETTI et al., 2012).

Estudos apresentados pelo *MIT Sloan Management Review* (HAANAES et al. apud SIMONETTI, 2012) trazem uma pesquisa realizada com mais de quatro mil executivos em 113 países, dos quais 70% afirmam ter adotado permanentemente a sustentabilidade na sua estratégia empresarial. Dentre os diversos dados obtidos evidenciou-se que dois terços dos respondentes afirmaram que a sustentabilidade é necessária para a competitividade e 41% relataram que a demanda por serviços e produtos sustentáveis por parte de seus clientes foi o principal fator condicionante para a mudança de postura dessas empresas. Além disso, um terço dos respondentes declararam que as práticas de sustentabilidade estão contribuindo para a rentabilidade da empresa.

Um dos motivos apontados como responsável pelo sucesso da estratégia dessas empresas é a incerteza do ambiente regulatório global, no qual empresas que se antecipam se beneficiam de sua boa reputação com governos e a sociedade civil organizada. Dentre outros fatores positivos, 25% dos respondentes mencionam maior inovação de produtos e serviços como um dos principais benefícios das práticas sustentáveis. Evidenciou-se também que empresas que adotam essa filosofia, principalmente como resposta aos riscos regulatórios e não necessariamente transformando seus processos, não capturaram benefícios para a lucratividade decorrentes dessas ações. Isso mostra que, quanto mais se adia a inclusão da sustentabilidade na gestão da empresa, maior o risco de fazê-lo por uma questão de *compliance* regulatório sem outros benefícios (SIMONETTI, 2012).

No Brasil, uma análise comparativa entre o desempenho de fundos de ações classificados como ISR e o desempenho do Ibovespa mostra que os primeiros apresentaram um retorno financeiro acumulado superior nos últimos seis anos, inclusive no período de crise, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Desempenho das ações de sustentabilidade X demais ações do mercado

Período findo em 31/05/2012	RETORNO ACUMULADO (% acumulado no período)	
	Ações Sustentabilidade	IBOVESPA
12 meses	-2,39%	-15,68%
24 meses	6,73%	-13,57%
36 meses	30,11%	2,43%
48 meses	-8,03%	-24,94%
60 meses	21,95%	4,25%
72 meses	65,06%	49,17%

Fonte: BM&F BOVESPA

Desta forma, temos a certeza de que, independentemente dos argumentos ambientais, o modelo de negócio sustentável já é seguramente lucrativo.

2.2.3 Mercado de carbono

O crédito de carbono é um certificado eletrônico que é emitido quando há diminuição de emissão de gases de efeito estufa, gerador do aquecimento global. Um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO₂ que deixou de ser emitido para a atmosfera. Aos outros gases são emitidos créditos, utilizando-se uma tabela de equivalência entre cada um dos gases e o CO₂.

Empresas que conseguem diminuir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) obtêm esses créditos, podendo vendê-los nos mercados financeiros. Os créditos de carbono são considerados *commodities* (mercadorias negociadas com preços estabelecidos pelo mercado

internacional). Esses créditos geralmente são comprados por empresas no exterior que, em função do Protocolo de Quioto, têm metas obrigatórias de redução de emissões de GEE, mas não conseguem atingir o patamar determinado. A compra dos créditos permite-lhes manter ou aumentar suas emissões. Ou seja, empresas que poluem acima do limite permitido pagam pela poluição adicional que geram, remunerando as atividades que reduzem as emissões de gases (MENEGUIN, 2012).

Várias empresas já estão comercializando créditos de carbono, dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Algumas com doses extras de criatividade, como a EDP Energias do Brasil. A companhia utiliza o dinheiro obtido na venda dos créditos de carbono para financiar seu programa de ações sociais (ALMEIDA, 2009). Na iniciativa pública, a Prefeitura de São Paulo desembolsou do banco holandês Fortis Bank NV/SA R\$ 34 milhões pelo lote de 808.450 créditos de carbono, por meio da geração de biogás de um aterro sanitário que foi desativado em 2007 após 28 anos de uso (MENEGUIN, 2012).

Estes são apenas alguns dos diversos argumentos econômicos que existem como incentivadores de modelos de produção que prezem por práticas sustentáveis. É notório que, para o usufruto destes benefícios, a indústria deve adaptar toda a sua cadeia produtiva, colocando a sustentabilidade, não como objetivo, mas como o alicerce de todas as práticas empresariais. Compreendendo que, o que está sendo discutido hoje como tendência será, seguramente, uma prática obrigatória em um futuro próximo.

2.3 SUSTENTABILIDADE, MADEIRA E O SETOR MOVELEIRO

2.3.1 Florestas e indústria madeireira

O Ministério do Meio Ambiente define “floresta” como qualquer vegetação que apresente predominância de indivíduos lenhosos, onde as copas das árvores se tocam formando um dossel. As florestas brasileiras desempenham importantes papéis sociais, econômicos e ambientais. Florestas e árvores apoiam a agricultura sustentável, estabilizam os solos e o clima, regulam os fluxos de água, dão sombra e abrigo, e fornecem um habitat seguro aos polinizadores e aos predadores naturais das pragas agrícolas. Elas também contribuem para a segurança alimentar de centenas de milhões de pessoas, para quem são importantes fontes de alimento, energia e renda (FAO, 2016).

O serviço prestado pelas florestas já é hoje possível de ser calculado. Um dos relatórios produzidos pelo estudo *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) estima que a floresta amazônica, por exemplo, preste um serviço à agricultura avaliado entre US\$ 1 bilhão

e US\$ 3 bilhões em virtude da sua capacidade de regular o ciclo das águas na América do Sul (BISHOP, 2010).

Já o estudo *Contribuição das Unidades de Conservação para a Economia Nacional*, coordenado pelo Pnuma, pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), com apoio da Embaixada Britânica e da Agência Internacional de Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), avaliou os valores monetários do potencial das unidades de conservação para a economia e a sociedade brasileiras. O documento avaliou as contribuições de cinco bens e serviços prestados pelas unidades – produtos florestais, uso público, carbono, água e repartição de receitas – e indica que eles, juntos, geram contribuições econômicas que superam o valor investido pelo país na manutenção do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (MEDEIROS & YOUNG, 2011).

Segundo o economista indiano Pavan Sukhdev apud Gonçalves (2011), a perda causada pela destruição do meio ambiente como um todo custa entre US\$ 2,5 trilhões e US\$ 4,5 trilhões ao ano – e, se continuarmos no atual ritmo de destruição ambiental, em 2050 o prejuízo será equivalente a 7% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial. A conclusão óbvia é que investir na conservação representa um retorno econômico garantido. Para se ter uma ideia, apenas a quantidade de carbono estocada e as emissões de gases de efeito estufa evitadas pelas unidades de conservação do Brasil somam entre R\$ 2,9 bilhões e R\$ 5,8 bilhões por ano (MEDEIROS & YOUNG, 2011).

Segundo o Pnuma (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), no mundo, as florestas cobrem cerca de 31% da superfície terrestre, abrigando mais de 300 milhões de pessoas e 80% da biodiversidade terrestre. Metade das florestas no mundo já desapareceram. Por ano, cerca de 130 mil quilômetros de área verde desaparecem. O equivalente a 35 campos de futebol por minuto. O Brasil abriga a maior floresta tropical do planeta e 65% das nossas emissões de carbono estão relacionadas ao desmatamento da Amazônia (GONÇALVES, 2011). O Relatório Stern avaliou em US\$ 5 bilhões a US\$ 10 bilhões por ano o montante de recursos necessários para controlar e prevenir o desmatamento globalmente. É um desafio que só poderá ser enfrentado com o apoio financeiro dos países desenvolvidos (ALMEIDA, 2009).

Apesar de a pegada ecológica brasileira ser historicamente estável e dentro da média mundial, a biocapacidade do Brasil vem sofrendo um forte declínio ao longo dos anos devido ao empobrecimento dos serviços ecológicos e degradação dos ecossistemas. De acordo com a WWF, ainda assim, o Brasil encontra-se em uma importante posição no cenário mundial, como um dos maiores credores ecológicos do planeta, situando-se em um favorável cenário

na nova economia verde. Para se manter nesta posição de credor ecológico, o Brasil precisa reverter esse quadro de declínio de sua biocapacidade com ações de conservação e de produção ecoeficiente.

O Brasil possui vasto potencial para ampliar o desenvolvimento florestal e sua participação no mercado nacional e internacional de produtos florestais. Com cerca de 464 milhões de hectares de florestas nativas (54% da cobertura territorial nacional), além de mais de 7,2 milhões de hectares com florestas plantadas de rápido crescimento (menos de 1% da cobertura territorial nacional), o país ainda não atingiu toda a sua capacidade florestal, o que remete a um estoque latente capaz de atender demandas crescentes do mercado nacional e internacional (TOMASELLI; WIECHETECK; DINIZ, 2014/2015).

Eficiência e uso mais adequado de recursos são aspectos vitais para aumentar a competitividade das indústrias de base florestal, e consequentemente ampliar mercados. Tal constatação é especialmente válida no Brasil, uma vez que nos últimos anos os custos de matérias primas e mão de obra subiram acima da inflação, impactando na lucratividade e competitividade das empresas (BONSE; TOMASELLI, 2014/2015).

Além da base de suprimentos, já foi constatado que é no ambiente do “chão de fábrica” onde o investidor tem mais controle e um nível de resposta mais ágil, podendo fazer a diferença frente a seus concorrentes diretos e mercados que demandam produtos inovadores e “verdes”. A adoção de tecnologias de processamento e manufatura da madeira é fator primordial para a lucratividade e eficiência ao longo de toda cadeia de valor, seja qual for o produto, tendo em vista a otimização e uso racional de todo e qualquer recurso (Tabela 4), que permitam reduzir o consumo de energia bem como emissões, sistemas de tratamento em circuito fechado que mitiguem riscos de impactos ambientais, entre outros. Aliado a isso, e não menos importante, o *design* de produtos e sistemas de suporte à decisão, formam um conjunto de fatores que permitem posicionar um produto inovador (BONSE; TOMASELLI, 2014/2015).

Tabela 4. Principais geradores de custos da indústria de produtos florestais

Componente	Contribuição nos custos (%)
Matéria-prima	74
Mão-de-obra	9
Energia elétrica	7
Manutenção	4
Depreciação	3
Combustível e outros	3

Fonte: STCP

2.3.2 Sobre o comércio sustentável da madeira

O setor florestal do Brasil tem se mostrado amplamente capaz de suprir as necessidades das indústrias de base florestal. Isto se deu com a ampliação da base de oferta de matéria-prima por meio da implantação de florestas de rápido crescimento e o seu manejo inteligente, com o aperfeiçoamento dos métodos silviculturais, enfatizando a produção de madeira de melhor qualidade, com a introdução de práticas destinadas a aumentar a produtividade e a qualidade da madeira produzida (NAHUIZ, 2010).

Atualmente, a atribuição das florestas plantadas vai além de servir como fonte alternativa de madeira para a redução dos níveis de desmatamento. A silvicultura conquistou um papel preponderante no mercado de produtos florestais, sendo responsável por suprir cerca de 90% da demanda atual por madeira em tora da indústria de base florestal, complementado com 10% de tora proveniente dos remanescentes de florestas nativas. A estimativa é que, em 2020, as florestas plantadas responderão por 93-95% da oferta industrial de madeira em tora. Esta participação elevada de florestas plantadas no setor produtivo implica na produção e comércio sustentável de produtos de base florestal cada vez maior pelo país (TOMASELLI; WIECHETECK; DINIZ, 2014/2015).

O Brasil responde atualmente por parcela expressiva da produção e exportação global de produtos florestais de florestas plantadas e nativas (tabelas 5 e 6 respectivamente).

Tabela 5. Participação do Brasil na produção mundial de produtos florestais

#	PRODUTO	Unidade (milhão)	PRODUÇÃO			
			MUNDO	BRASIL	%	POSIÇÃO
1	Toras Industriais	m ³	1.700,7	237,9	14,0%	2ª
2	Carvão Vegetal	ton	51,9	6,3	12,1%	1ª
3	Madeira Serrada (C)	m ³	298,7	9,2	3,1%	3ª
4	Madeira Serrada (NC)	m ³	117,3	6,0	5,1%	4ª
5	Compensados	m ³	85,2	2,8	3,0%	6ª
6	Painéis de Madeira	m ³	218,0	7,9	3,6%	8ª
7	Papel e Papelão	ton	398,9	10,4	2,6%	9ª
8	Celulose	ton	181,2	15,1	8,4%	4ª

Fonte: ABIMCI, FAO, IBA (2014), compilado por STCP

Tabela 6. Participação do Brasil na exportação mundial de produtos florestais

#	PRODUTO	Unidade (milhão)	EXPORTAÇÃO			
			MUNDO	BRASIL	%	POSIÇÃO
1	Toras Industriais	m ³	125,2	0,1	0,1%	55 ^a
2	Carvão Vegetal	ton	1,9	0,001	0,0%	67 ^a
3	Madeira Serrada (C)	m ³	105,6	0,7	0,7%	18 ^a
4	Madeira Serrada (NC)	m ³	20,3	0,5	2,4%	10 ^a
5	Compensados	m ³	28,4	1,3	4,7%	5 ^a
6	Painéis de Madeira	m ³	49,2	0,3	0,6%	29 ^a
7	Papel e Papelão	ton	109,1	1,8	1,6%	18 ^a
8	Celulose	ton	52,5	9,4	18,0%	1 ^a

Fonte: FAO (2014), compilado por STCP

Apesar de ser um produtor importante, o Brasil não ocupa posição de destaque no mercado global para a maioria dos produtos florestais, exceto para celulose (1º) e compensado de pinus tropical (5º). Isto se deve, entre outros aspectos, à menor competitividade em alguns setores e alta demanda interna por alguns produtos.

Do total das exportações mundiais, ainda pouco se conhece sobre a parcela relativa ao chamado comércio sustentável, um novo conceito que tem ocupado cada vez mais espaço na pauta de discussões internacionais. O comércio sustentável de produtos florestais considera os seguintes princípios:

- Criação de Valor Econômico;
- Redução de Pobreza e Desigualdade;
- Preservação e Reutilização de Recursos Ambientais.

As ações que vem sendo tratadas em nível internacional buscam assegurar que a oferta de matéria-prima seja de base legal e sustentada. A contribuição do Brasil na redução do consumo de madeira não sustentável se dá através da redução histórica dos índices de desmatamento, redução esta atestada pelos números crescentes da inversão do uso de florestas nativas por matéria-prima de fontes renováveis de florestas plantadas.

Cada vez mais, empresas consumidoras e *traders* de países importadores da América do Norte e Europa têm buscado mitigar os riscos associados ao comércio de produtos florestais não sustentáveis. Entre eles, tem sido utilizado *checklist* e guia de legalidade da matéria-prima, com o intuito de atestar a sustentabilidade da operação e do produto (TOMASELLI; WIECHETECK; DINIZ, 2014/2015).

Todas essas projeções citadas nos mostram que há uma evolução crescente, porém ainda tímida, de investimentos em florestas plantadas e que o Brasil possui uma grande

capacidade de suprir o mercado mundial. Porém, o modelo de produção atual, que utiliza-se principalmente de madeiras de pinus e eucalipto, já vislumbra uma possível crise no setor.

2.3.3 O apagão florestal

Nahuz (2010) comenta que o desequilíbrio entre a área florestal necessária para fornecer a madeira requerida pela demanda industrial anual e a área que é efetivamente plantada anualmente no país, tem gerado um déficit de 200 mil hectares por ano, responsável pelo apagão florestal.

Estudos apresentados pelo Ministério do Meio Ambiente já apontaram em 2011 que a produção de madeira nativa da Amazônia em áreas privadas seguia em queda onde, se fossem mantidos o ritmo dos anos anteriores, em duas décadas a produção chegaria a 5 milhões de metros cúbicos, quando a demanda deveria ser de 21 milhões de metros cúbicos, em uma perspectiva conservadora.

Uma publicação elaborada pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), lançado em 2011, sugeriu que para ampliar a produção legal e sustentável será necessário disponibilizar áreas para manejo em florestas públicas, principalmente aquelas ainda na categoria de não destinadas. Nessa época existiam mais de 64 milhões de hectares de florestas públicas não destinadas (sem uso definido) segundo dados do SFB e estimava-se que seriam necessários 36 milhões de hectares, em um ciclo de 30 anos, para gerar 21 milhões de metros cúbicos anuais de madeira para o mercado. Nessa mesma época, a produção de madeira no país era em torno de 14 milhões, segundo estudo do SFB e Imazon (VASCONCELOS, 2011).

O temido apagão florestal, entretanto, faz-se sentir principalmente nas empresas que não dispõem de fontes asseguradas de madeira, e que dependem de terceiros para o seu suprimento de matéria-prima. As empresas verticalizadas, que possuem florestas próprias, suprimindo total ou parcialmente suas necessidades, aparentemente não se ressentem tanto de tal situação (NAHUZ, 2010). O apagão florestal, portanto, poderá alterar irreversivelmente a quantidade de *players* no setor madeireiro o que acarretará em consequências significativas na cadeia de suprimentos afetando todos os que dela se beneficiam, dentre os quais estão as indústrias moveleiras.

2.3.4 Sobre a indústria moveleira

A indústria de mobiliário faz parte dos chamados setores tradicionais da economia, que têm uma série de aspectos em comum:

- Reduzido dinamismo tecnológico;

- Intensidade de mão-de-obra relativamente elevada;
- Utilização relativamente alta de materiais de origem animal ou vegetal.

A indústria de móveis pode ser considerada uma das mais conservadoras da atual estrutura produtiva. Isso é especialmente verdadeiro no segmento de móveis de madeira, uma vez que se trata de material pouco propício à utilização de processos contínuos de fabricação, o que por sua vez dificulta consideravelmente a automação e a possibilidade de ganhos de escala. Uma das soluções encontradas pelo setor consiste na transferência de determinadas operações para o varejo (montagem) e para a preparação de matéria-prima (acabamento de painéis). Não significa que não haja progresso técnico na indústria de mobiliário, e sim que a incorporação de tecnologia pela indústria, além de ser inferior à verificada no conjunto da economia, não é decisiva para a competição entre as empresas do setor. Cabe acrescentar que as principais inovações técnicas das últimas décadas originaram-se dos fornecedores de matéria-prima (os vários tipos de painéis de madeira) e bens de capital. (ROSA et al, 2007).

A Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008 (Pintec 2008) do IBGE apontou o setor moveleiro como um dos menos inovadores da indústria de transformação brasileira. O setor é caracterizado por baixo dispêndio em atividades internas de pesquisa e desenvolvimento, modesto índice de inovações de classe nacional e grande peso no investimento em máquinas e equipamentos no total de seu esforço inovador. Por outro lado, o setor se destaca como um dos que mais implementam modificações na estética ou no desenho. De fato, as relações entre essa indústria e o design tem um longo histórico, sendo este um elemento central da evolução do setor. Quando se apura o percentual de empresas que adotaram modificações no design no universo das empresas que realizaram algum tipo de inovação, o setor moveleiro surge como o terceiro colocado, ficando atrás apenas dos fabricantes de equipamentos de comunicação e da indústria automobilística (GALINARI; JUNIOR; MORGADO, 2013).

Ao contrário do que ocorre com a tecnologia, o design desempenha papel considerável para a competição entre os fabricantes de mobiliário, em especial no que diz respeito à faixa superior do mercado. É importante ressaltar que a finalidade do design não se restringe aos aspectos estéticos, mas também – e principalmente – à funcionalidade dos produtos. Deve-se observar, no entanto, que o próprio design – tradicionalmente liderado pelas empresas italianas – não implica barreiras à entrada muito expressivas, em virtude da relativa facilidade de imitação (ROSA et al, 2007).

A indústria moveleira, em especial a que produz móveis seriados, se caracteriza por alta velocidade e grandes volumes de produção; estas características também garantem sua competitividade. Para tal, a indústria requer matéria primas com características uniformes, especialmente densidade, cor e propriedades que afetam a produção, tais como

trabalhabilidade, colagem e facilidade de acabamento com tintas e vernizes. Outras características que são requeridas são o suprimento constante a preços aceitáveis. Estas qualidades podem ser encontradas principalmente nas madeiras provenientes de reflorestamento – pinus e eucalipto – mas também em madeiras nativas e nos painéis à base de madeira (NAHUZ, 2010).

Apesar das poucas opções existentes, em termos de matéria-prima, atenderem as expectativas do mercado, ainda assim a indústria moveleira encontra alguns entraves que dificultam a fluidez da cadeia de suprimentos. Rosa et al. (2007) comenta que para cada tipo de madeira há também algum tipo de restrição. O eucalipto, por exemplo, apesar de ser amplamente utilizado nos projetos de preservação da natureza, possui uma grande dificuldade em seu processo de secagem visto que, por possuir fibras consideradas “rebeldes” apresenta rachaduras e/ou encolhimento após seco restringindo a sua utilização na confecção de móveis maciços. A madeira pinus, por sua vez, apesar de atender os segmentos de painéis, móveis, celulose e papel, possui uma grande incidência de nós e na indústria moveleira é comum o fornecimento desta madeira com problemas ligados à secagem e ao desdobro inadequado, o que induziu algumas empresas de investirem em plantio próprio para a garantia de matéria-prima e secagem de qualidade, ocasionando em um alto nível de verticalização. Quando nos referimos às madeiras nativas (madeira de lei), apesar de possuírem características estéticas, físicas e mecânicas superiores, as novas leis ambientais e tendências de mercado restringiram a sua extração. Com o avanço da tecnologia, essas madeiras passaram a ser utilizadas principalmente em forma de lâminas aplicadas sobre painéis (aglomerados, compensados, MDF, etc.), porém a antiga vantagem comparativa representada pelas florestas naturais torna-se cada vez menos eficaz em um mundo preocupado com questões ambientais. Se o beneficiamento de madeiras nativas se restringiu apenas à função estética do painel, é possível que sua utilização seja gradativamente extinta, visto que hoje, graças às diversas tecnologias, é possível se reproduzir diversos *designs* de superfície artificialmente e a custos mais atrativos.

É considerando este complexo cenário que faz-se necessário inovações que contemplem toda a cadeia, do atendimento às exigências legais aos quesitos de competitividade e rentabilidade. Maximizando a produtividade na mesma medida que se maximizam os ganhos ambientais. Se a matéria-prima é, como foi constatado, o eixo central das discussões, talvez seja por meio dela que residam as soluções futuras.

2.4 O BAMBU

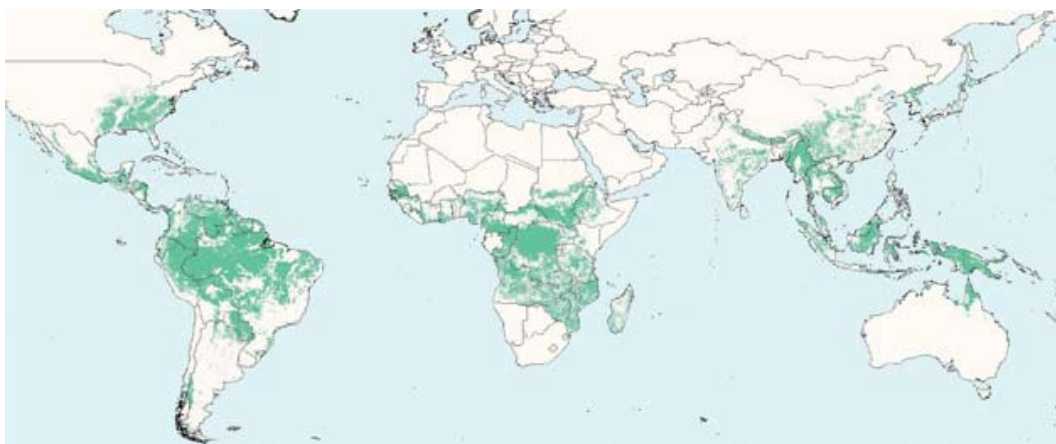
“Historicamente o bambu tem acompanhado o ser humano, fornecendo alimento, abrigo, ferramentas, utensílios e uma infinidade de outros itens” (Pereira e Beraldo, 2008).

Alguns antropólogos sugerem que a dependência no uso de ferramentas e tecnologias com o bambu pode ser anterior aos registros de uso de ferramentas da Idade da Pedra. A explicação se dá ao fato de que o bambu é perecível, o que impossibilita o acúmulo de registros ou vestígios ao longo dos séculos (REUBENS, 2009). Atualmente, estima-se que o bambu contribua para a subsistência de mais de um bilhão de pessoas.

O bambu é uma gramínea lenhosa predominantemente tropical e que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, necessitando, em média, de 3 a 6 meses para que o broto atinja sua altura máxima, de até 30 m, para espécies denominadas gigantes (Pereira e Beraldo, 2008). Segundo Kuehl, Henley e Yiping (2011) o bambu está entre as plantas de crescimento mais acelerado, podendo crescer até um metro por dia. Os colmos de bambu nascem de rizomas e sistemas radiculares que podem se estender em até 100 km/ha e viver por cem anos. Os colmos nascidos de rizomas morrem naturalmente após 10 anos, caso não sejam colhidos. Porém, o sistema e rizomas sobrevive à colheita individual de colmos, desta forma o ecossistema de bambu permanece produtivo enquanto continua a armazenar carbono e novos brotos irão substituir os colmos colhidos. A biomassa perdida é, geralmente, substituída dentro de um ano.

“Por se tratar de uma planta tropical, perene, renovável e que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantio, o bambu apresenta um grande potencial agrícola” (PEREIRA; BERALDO, 2008, p. 39). Além de ser um excelente sequestrador de carbono, possui ótimas características físicas, químicas e mecânicas podendo ser utilizado eficientemente em reflorestamentos, recuperação de matas ciliares, e regeneração ambiental. Kuehl, Henley e Yiping (2011) relatam que hoje existem cerca de 22 milhões de hectares de bambu no planeta (Figura 2), o que resulta em um sequestro de carbono de cerca de 727,08 teragramas. Estudos revelam que o bambu poderia facilmente crescer em muitos milhões de hectares de terras degradadas nos trópicos e regiões subtropicais, proporcionando rendimentos adicionais aos agricultores sem afetar os seus cultivos atuais.

Figura 2. Distribuição natural de bambu pelo planeta



Fonte: Kuehl, Henley e Yiping (2011)

Embora não se pense no bambu como uma solução exclusiva para os problemas relacionados ao meio ambiente e/ou a diminuição acentuada de nossos recursos florestais, ele pode ser considerado e estudado como uma alternativa ou um material alternativo e de baixo custo a ser explorado. A produção de colmos é rápida, sem a necessidade de replantio, podendo ser imediatamente introduzida sua cultura e exploração no campo.

No Brasil foi sancionada uma lei que incentiva o bambu como matéria-prima importante na obtenção de serviços ambientais e promoção do desenvolvimento socioeconômico regional (Decreto-Lei 12484/11). Esse reconhecimento poderá facilitar a disseminação de seu uso na indústria como madeira alternativa. Todavia, uma das maiores barreiras para a aceitação do bambu no mercado talvez seja o seu uso popular em artesanatos e varas-de-pescar que lhe confere uma conotação negativa de rusticidade, baixo valor agregado e qualidade ruim, sob a ótica comercial.

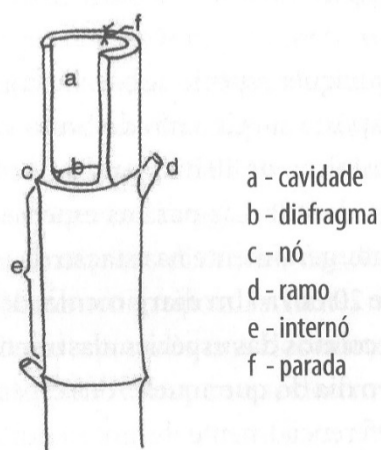
2.4.1 Características gerais

Pelas características do seu colmo, o bambu é considerado como sendo uma planta lenhosa, monocotiledônea, e pertencente às Angiospermas (sementes protegidas). Tal como as árvores, o bambu é constituído por uma parte aérea e outra subterrânea. A parte aérea é denominada de colmo, no caso do bambu, sendo normalmente oco. A parte subterrânea é constituída de rizomas e raízes (PEREIRA; BERALDO, 2008).

Embora raramente ocorram bambus maciços, os colmos do bambu em sua grande maioria se caracterizam por apresentar uma forma ligeiramente cilíndrica e por dispor de uma sequência de entrenós (internós) ocos, separados transversalmente uns dos outros por diafragmas (septos), que aparecem externamente como nós, de onde saem ramos e folhas,

dispostos alternadamente. Os diafragmas fornecem maior rigidez e resistência aos colmos, permitindo-lhes suportar a ação do vento e do peso próprio (Figura 3).

Figura 3. Estrutura básica do colmo de bambu



Fonte: Janssen (1999) apud Pereira e Beraldo (2008)

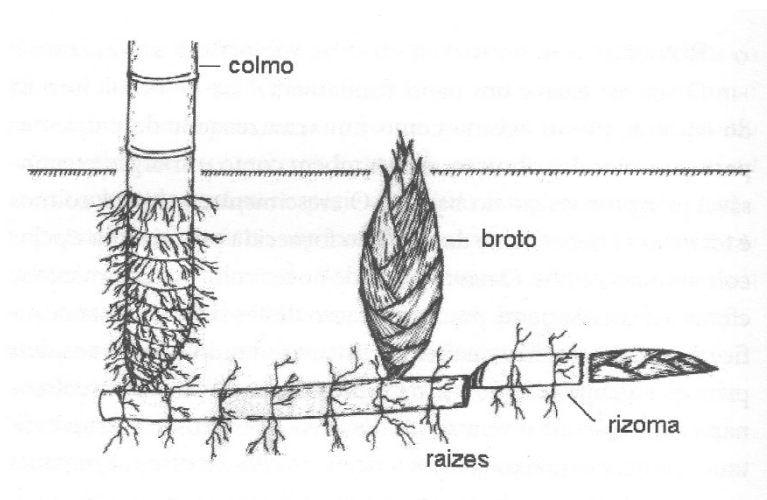
Os colmos diferem-se em altura, diâmetro, espessura de parede e forma de crescimento, conforme a espécie a que pertençam. Assim, enquanto alguns colmos alcançam apenas alguns centímetros de altura e uns poucos milímetros de diâmetro, sendo arbustivos ou ornamentais, outros bambus podem atingir alturas de até 30m e diâmetros de até 30 cm (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Os colmos, ao nascerem, possuem um tecido delicado e, por este motivo, estão protegidos por brácteas (ou bainhas), que são folhas em formato triangular, importantes também para o caso da identificação das espécies de bambu. Estas folhas recobrem cada um dos nós que vão se formando, e caem após o colmo completar seu máximo comprimento, quando então se inicia a formação de ramos e folhas. Após esse período inicial de crescimento o colmo começa o período de amadurecimento, que dura cerca de até quatro anos, para a maioria das espécies, quando então suas propriedades de resistência mecânica se estabilizam (PEREIRA; BERALDO, 2016).

O rizoma exerce um papel fundamental no desenvolvimento do bambu, não só agindo como um armazenador de nutrientes para posterior distribuição, mas também como um órgão responsável pela propagação do bambu. O crescimento de novos colmos é totalmente dependente da nutrição fornecida pelo rizoma e pelos colmos mais velhos. O nascimento de novos colmos anualmente se efetua assexuadamente por ramificação destes rizomas. Esta ramificação ocorre de duas maneiras distintas, dando origem aos dois principais grupos de bambu: o grupo alastrante, no qual os colmos nascem e se desenvolvem

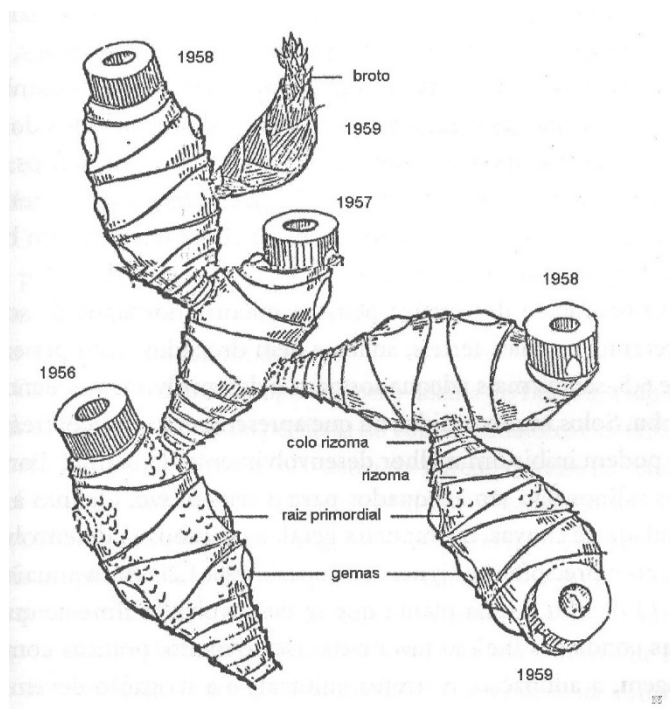
“separados” uns dos outros (Figura 4), e o grupo entouceirante, no qual os colmos nascem e se desenvolvem “agrupados” uns aos outros (Figura 5) (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Figura 4: Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante



Fonte: Liese (1985) apud pereira e Beraldo (2008)

Figura 5: Rizoma do tipo paquimorfo ou entouceirante



Fonte: Hidalgo Lopez (2003) apud Pereira e Beraldo (2008)

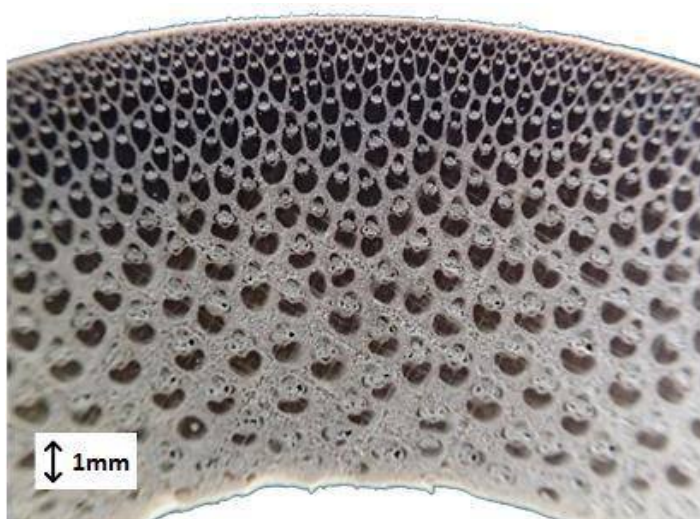
Quanto aos aspectos anatômicos, externamente, o bambu possui uma camada de cera e, internamente, possui uma camada espessa lignificada (Figura 6) – com numerosas células esclerenquimáticas (feixes de fibras), dispostas na direção longitudinal – que impede a movimentação de fluídos lateralmente, assim constituída (PADOVAN, 2010):

a) Parênquima: é o tecido básico do colmo; representa de 40% a 60% de sua composição e sua distribuição, no eixo do colmo, tem concentrações diferentes: 60% encontram-se na base e 40% na parte apical, com função de estocar nutrientes e água, podendo armazenar quantidades significativas de amido.

b) Fibras: são as principais responsáveis pela resistência mecânica dos colmos; nos internós, estão orientadas axialmente, paralelas ao eixo de crescimento, e representam de 40% a 50% do tecido total do colmo e 60% a 70% de sua massa. Na direção vertical, a quantidade de fibras aumenta da base ao topo.

c) Vasos condutores ou feixes vasculares: são os principais vazios, portanto, tornam-se pontos de menor resistência dos colmos, representando aproximadamente 10%. Encontram-se em maior quantidade na parte interna do colmo, seu número diminui da base para o topo, porém sua densidade aumenta.

Figura 6. Distribuição dos vasos e fibras na parede do bambu



Fonte: <http://boobicycles.com>

Das características químicas Liese (1998) apud Pereira e Beraldo (2016) relata que, semelhante às madeiras, os principais constituintes químicos do bambu são os 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 no bambu, índices estes que podem variar de acordo com a espécie, as condições de crescimento, a idade e a região do colmo. Outra principal característica química do bambu é a presença de amido em seu tecido parenquimático, elemento este, atrativo para insetos xilófagos.

2.4.2 Vantagens Ambientais

Priscila Coltri (apud Lanna et al. 2012) define o sequestro de carbono como a quantidade do mesmo que é retirada do ambiente por uma planta e incorporada à sua biomassa. No processo de fotossíntese, essa captação também ocorre. Na presença da luz, as plantas retiram o CO₂ utilizando o carbono e liberando o oxigênio para a atmosfera. Na lógica, quanto mais rápida for a capacidade de crescimento de uma planta, maior o acúmulo de biomassa e, portanto, maior a capacidade de sequestro de carbono.

Os bambus são caracterizados como plantas C₃, no que diz respeito a sua capacidade fotossintética. Sendo assim o seu potencial para mitigar as mudanças climáticas são justificadas pela sua rápida geração e renovação de biomassa. Florestas recém-plantadas de bambu aumentam rapidamente a sua biomassa pelos primeiros dez anos ou mais, atingindo neste momento a sua capacidade máxima, pois é a partir daí que o surgimento e morte de colmos por touceira são aproximadamente iguais. A biomassa nos sistemas de rizomas subterrâneos segue um padrão semelhante, porém quando aplicadas técnicas de cultivo e manejo, é possível se obter uma produção de pelo menos o dobro de biomassa por unidade de área. (Kuehl, Henley e Yiping, 2013)

De acordo com pesquisa do INBAR, as florestas de bambu, se bem geridas, podem armazenar carbono em grande escala e com uma taxa maior do que certas espécies de árvores – cerca de 13 toneladas de carbono por hectare por ano. Se comparado às árvores florestais, o bambu possui um potencial maior de sequestro de carbono nos primeiros anos, porém essa capacidade só é potencializada se for aplicado um processo de gerenciamento do plantio, visto que touceiras de bambu não gerenciadas possuem baixa produtividade e o carbono retorna rapidamente à atmosfera quando os colmos antigos entram em processo de decomposição. Quando colmos maduros são colhidos antes de morrerem, a quantidade de carbono armazenada aumenta à medida que novos colmos nascem para a realização do sequestro adicional. Ao contrário do que acontece nas árvores, a colheita de colmos de bambu não mata a touceira e, por conseguinte, não danifica o ecossistema. O carbono subterrâneo nos rizomas também não é emitido, pois a floresta de bambu continua viva após a colheita. (Kuehl, Henley e Yiping, 2013)

A capacidade de armazenamento de carbono pode ser estendida para os colmos maduros que passam pelo processo de colheita. A transformação destes colmos em produtos duráveis garante que o carbono seja bloqueado durante toda a vida útil do objeto. Desta forma, o bambu poderia ser utilizado para substituir materiais que possuem altas emissões de carbono, como o aço, o PVC e o concreto, além de reduzir toda a pressão atual sobre os

recursos florestais. Em resumo, a utilização inteligente do bambu pode proporcionar produtos com pegada de carbono baixa ou até mesmo negativa em todo o seu ciclo de vida (INBAR).

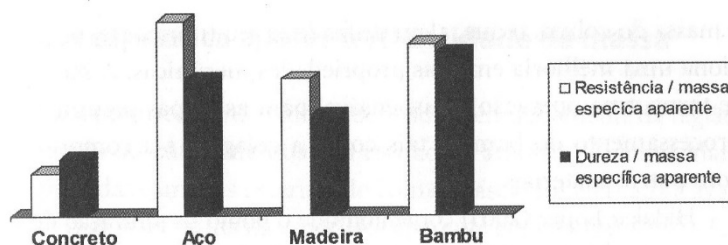
Florestas de bambu podem atuar também como recuperadores de solos degradados. Embora em sua etapa inicial de desenvolvimento o bambu necessite de um importante volume de água, a deposição de suas folhas, ramos e bainhas é uma importante fonte de reciclagem dos nutrientes (principalmente sílica). Além disso, a cobertura morta atua como uma proteção do solo contra a erosão, mantendo sua umidade. Colla (2010) relata que experimentos conduzidos pelo Prof. Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira indicam que o bambu possui uma capacidade de modificar o pH de solos ácidos, característicos da região de cerrado.

2.4.3 Características físico-mecânicas

O que diferencia o bambu, de imediato, de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade. Dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu apresenta resistência mecânica estrutural, não encontrando, portanto, neste aspecto, nenhum concorrente no reino vegetal (GHAVAMI, 1989; MOREIRA & GHAVAMI, 1995 apud PEREIRA; BERALDO, 2008).

Janssen (2000) apud Pereira e Beraldo (2008) comentou que a propriedade física que mais influencia as propriedades mecânicas é a massa específica aparente, que varia com o local de crescimento, com a espécie, com sua posição no colmo, etc. O autor apresentou um quadro comparativo de resistência e dureza de alguns materiais tomados em relação à sua massa específica aparente, mostrando que o bambu é inferior somente ao aço (Gráfico 1).

Gráfico 1. Relação entre a resistência e a dureza, em relação à massa específica aparente, para bambu e outros materiais.



Fonte: Janssenn (2000) apud Pereira e Beraldo (2008)

A densidade de massa dos bambus varia entre 500 kg/m^3 a 800 kg/m^3 , dependendo principalmente do tamanho, da quantidade e da distribuição dos feixes de fibras ao redor dos vasos. Na parede do colmo, a massa específica aparente aumenta da parte interna para a parte externa pelo fato de existirem feixes vasculares menores, mais densos e também devido

à menor quantidade de células parenquimosas na camada externa, sendo que 50% das fibras encontram-se na terça parte mais externa do colmo, sendo esta, portanto, a região mais densa (LIESE, 1998 apud PEREIRA; BERALDO, 2008).

A variação do volume do colmo é quase que insignificante depois de seu crescimento, porém sua densidade varia com a idade. A densidade é menor no colmo imaturo, aumentando gradualmente de 1 ano até 6 anos de idade, permanecendo quase estável dos 5 aos 8 anos e decrescendo gradualmente após os 8 anos, quando a maioria dos colmos entra em declínio. Esta vem a ser a principal razão pela qual as pesquisas atentam para manejos que visem ao maior rendimento por meio de cortes racionais utilizando-se a idade correta (ZHOU, 2000 apud PEREIRA; BERALDO, 2008).

Assim como as madeiras, o bambu também apresenta variações dimensionais em seu processo de secagem. Essas variações são mais acentuadas principalmente quando o bambu é sujeito à teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras ao ar. Porém, diferentemente das madeiras, o bambu começa a se retrair desde o início da secagem, e a higroscopicidade dos extrativos presentes nas células de parênquima é a principal responsável pela absorção de água pelo colmo seco (PEREIRA; BERALDO, 2008). Esse aspecto deve ser considerado quando se pretende processar o bambu em sua forma laminada colada, evitando-se portanto, a obtenção de ripas laminadas antes da secagem do material.

Quanto ao comportamento do bambu em ensaios mecânicos, Carvalho (2004) e Pereira (2006) puderam comprovar que a presença do nó nos corpos de prova de bambu laminado alteram significativamente os resultados obtidos, revelando que a presença dos mesmos diminui a resistência das taliscas. Isso se deve ao fato de que, na região dos nós, ocorre um desvio na organização das fibras. Porém, apesar desta peculiaridade, os resultados também apontam que o bambu pode, seguramente, substituir o uso da madeira para diversos fins, dentre eles, o desenvolvimento de móveis e artefatos (PEREIRA; BERALDO, 2008)

2.4.4 Espécies prioritárias

Em 1993 o INBAR e IBPGR promoveram uma reunião consultiva para identificar espécies prioritárias de bambu. Naquele momento, foram listados cerca de 75 gêneros e 1250 espécies de bambu. Cerca de 75% destas espécies são usadas localmente para um ou vários propósitos e cerca de 50 espécies são usadas extensivamente. A fim de se promover a produção e uso de bambu, principalmente em um contexto atual de exploração excessiva de recursos naturais, a rede de pesquisa INBAR sugeriu que houvesse um foco mais nítido em um número limitado de espécies de alta prioridade. A construção dos critérios para seleção de espécies prioritárias baseou-se em cinco itens principais: utilização, cultivo, produtos e

processamento, recursos genéticos e agroecologia (Rao; Rao e Willians 1998). A lista das espécies selecionadas é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Espécies prioritárias de bambu

ESPÉCIE	VALOR				CLIMA E ECOLOGIA		RECURSOS GENÉTICOS				
	C	RI	E		CI	SI	D	S	IV	T	F
Bambusa bambos	++	++	++	D	h, d, s	r, m, p	H	L	M	M	H
B. blumeana*	++	++	++	D	h, d, s	r, m, p	H	L	H	H	H
B. polymorpha	+	+	-	D	h, d	r, m	H	H	M	H	H
B. textilis*	+	++	+	D	st	r, m	M	L	H	H	L
B. tulda*	+	++	+	D	h, d	r, m	H	M	H	H	H
B. vulgaris*	-	-	++	D	h, d, s	r, m, p	L	L	L	L	L
Cephalostachyum pergracile	+	++	+	W	h, d	m	M	L	M	H	M
Desdrocalamus asper*	++	+	++	D	h, d	r	H	H	M	H	H
D. giganteus*	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H
D. latiflorus*	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L
D. strictus*	++	+	++	D	d, s	m, p	M	L	L	H	M
Gigantochloa apus*	+	++	+	D	h	r	H	H	M	H	H
G. levis*	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H
G. pseudoarundinaria	++	+	+	D	h, d	r	M	L	H	H	L
Guadua angutifolia*	++	++	++	W	h	r, m	H	H	H	H	H
Melocanna bacífera*	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M
Ochilandra	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H
Phyllostachys pupescens*	++	++	++	D	t	r, m	M	M	L	L	L
Thysostachys siamensis*	++	++	++	D	d, (h)	w. r	M	M	L	H	L
LEGENDA											
VALOR	C = Potencial para comercialização					++ (alto); + (médio); - (baixo)					
	RI = Indústria rural					++ (alto); + (médio); - (baixo)					
	E = Regenerador ambiental					++ (alto); + (médio); - (baixo)					
MANEJO	D = Domesticado										
	W = Selvagem										
CLIMA E ECOLOGIA	CI = Clima:					H (trópicos úmidos)					
						D (trópicos secos)					
						St (subtropical)					
						S (semi-árido)					
						T (temperado)					

	SI = Solos:	R (rico); m (médio); p (pobre)
RECURSOS GENÉTICOS	D = Desgaste genético	
	S = Necessidade de pesquisa sobre 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)	

*Espécies existentes no Brasil (IAC, UNESP e em coleções particulares)

Fonte: adaptado de Pereira e Beraldo (2016)

2.4.5 Bambu Laminado Colado (BLaC)

Talvez esta seja a aplicação mais promissora para o bambu na contemporaneidade, pois alia a possibilidade de agregar valor à grande quantidade de produtos que podem ser confeccionados com este material, podendo substituir em muitos casos a utilização das madeiras. Pereira e Beraldo (2016) comentam que produtos à base de bambu laminado colado, tais como pisos, chapas, painéis, cabos para ferramentas manuais ou agrícolas, compensados, móveis, componentes da construção civil, entre outros, são possíveis de serem obtidos por meio do processamento do colmo.

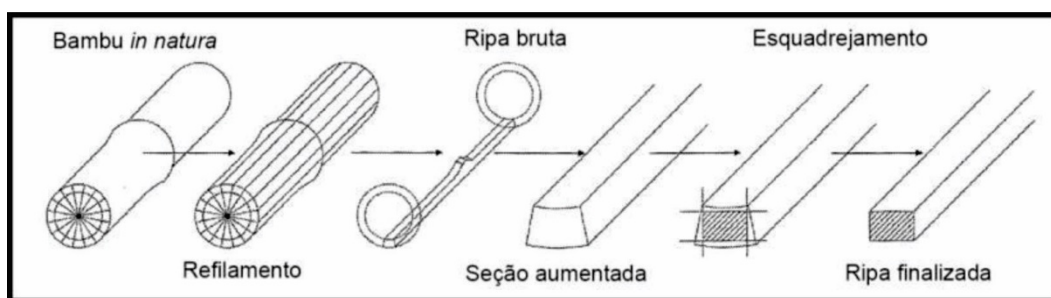
Na China são pesquisados e fabricados diversos produtos à base de bambu laminado, tais como: pisos, forros, lambris, móveis, chapas de tiras e laminados para assoalho, cortinas, chapas de aglomerado e chapas entrelaçadas como fôrmas de concreto (compensado de bambu), sendo que vários destes produtos são exportados para a Europa e os Estados Unidos (Quisheng & Shenxue, 2001 apud Pereira e Beraldo, 2016).

O bambu laminado colado é produzido com a mesma tecnologia dos compensados de madeira, com a distribuição e colagem lateral de ripas na direção longitudinal, utilizando adesivos à base de água. O BLaC, como é chamado, possui excelentes características superficiais e estruturais, portanto é um material versátil, resistente e aplicável no design de artefatos, interiores e construção civil, podendo ser utilizado na fabricação de produtos com superfícies planas ou curvas, por meio da utilização de moldes de madeira ou metal. (Moizés, 2007).

Experimentos realizados por Ramos (2014) comprovaram a viabilidade da curvatura do bambu laminado colado identificando que a maior variável para um resultado eficiente em termos de curvatura não está no tipo de molde, mas sim no adesivo utilizado. Seus experimentos puderam comprovar também que a replicabilidade é possível, visto que as variações obtidas nas repetições de experimento foram quase nulas ou irrelevantes em termos de processos industriais.

O processo de laminação do bambu consiste na serragem de toda a espessura da parede do colmo para a obtenção de ripas grossas e planas (Figura 7). Como as lâminas possuem seções pequenas, unindo-se umas às outras é possível se atingir qualquer tamanho ou comprimento, da mesma maneira que se procede com a madeira laminada. O processamento do bambu pode variar dependendo do maquinário e técnica utilizada (Ramos, 2014). No Laboratório de Experimentação com Bambu da Unesp campus de Bauru é utilizado um método de eficiência comprovada adaptado de Pereira e Beraldo (2008) e replicado por Carneiro (2009, 2010 e 2017) e Ramos (2014) em pesquisas posteriores. Esse método consiste nas 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 a proteção contra insetos xilófagos; secagem ao ar; beneficiamento inicial das lâminas em serra circular e beneficiamento final em plaina duas faces, própria para bambu.

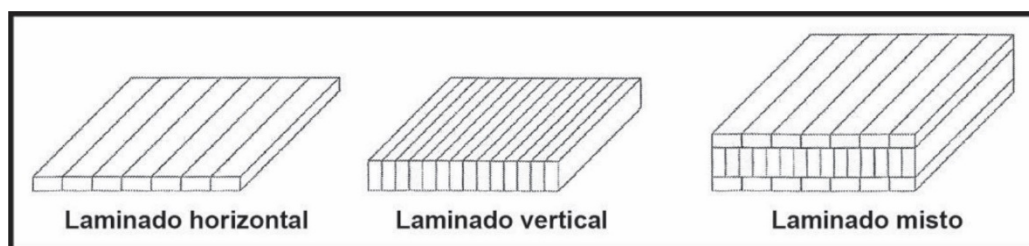
Figura 7. Etapas do processamento do bambu



Fonte: Ramos (2014) adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (2008)

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 as peças são finalizadas através de refilamento e lixamento. Os tipos de básicos de colagem das lâminas de bambu para a obtenção de painéis de BLaC são apresentados na Figura 8.

Figura 8. Tipos básicos de colagem de BLaC.



Fonte: Ramos (2014) adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (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, e sua resistência aumenta quase 1,5 vezes. A força de compressão paralela das fibras do BLaC é de 50% a 60%, superior às madeiras de lei comerciais (XIAO; INQUE; PAUDEL, 2008).

Apesar da comprovada viabilidade do BLaC no desenvolvimento de móveis e artefatos a sua aplicação comercial, no mundo, ainda é muito tímida, havendo poucas experiências bem sucedidas, como o protótipo de cadeira de Tejo Remy e René Veenhuizen (Figura 9) e as experiências da empresa Oré Brasil que, em 2008, desenvolveu uma linha de móveis em BLaC em parceria com o designer e arquiteto Paulo Foggiato, ganhando inclusive o maior prêmio de design brasileiro, o Prêmio Museu da Casa Brasileira (Figura 10). Infelizmente essas experiências, quando inseridas no mercado de móveis, foram direcionadas apenas aos públicos de nicho por meio de grandes marcas, não havendo portanto, grande sucesso na popularização do uso do material.

Figura 9. Poltrona desenvolvida por Tejo Remy e Reneé Veenhuizen



Fonte: <http://www.remyveenhuizen.nl/work/furniture/bamboo-chair>

Figura 10. Cadeira Bambu #5 e Mesa Jabuti. Designer Paulo Foggiato



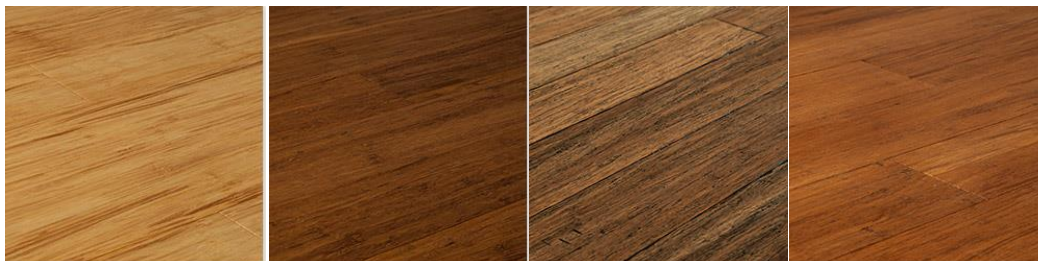
Fonte: <http://www.novoambiente.com.br/v2/produto.php?id=1553> e em <http://delas.ig.com.br/colunistas/arteeinteriores/toda-a-versatilidade-do-bambu/c1237741394696.html>

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).

2.5 TRATAMENTO TÉRMICO DO BAMBU

Um dos critérios fundamentais para o mercado, no tocante a estratégia de portfólio, é a profundidade de seu *mix* de produtos. Profundidade “refere-se a quantas opções são oferecidas em cada produto na linha” (KOTLER; KELLER, 2006, p. 375), característica importante quando se pretende alcançar um número maior de consumidores em um único item do portfólio. Um estudo pouco explorado sobre o BLaC, que pode servir como solução ao conceito de profundidade é o tratamento térmico, ou termorretificação. Segundo Brito et al. (2006, p.183), “a termorretificação é um processo que consiste na aplicação de calor na madeira em baixas temperaturas, com o intuito de promover a degradação de seus componentes químicos e fundamentais”. Essa técnica é utilizada para garantir a durabilidade do material às pragas, como cupins. O resultado seria a obtenção de um produto sólido apresentando características diferenciadas, comparativamente à sua madeira original, algumas delas podendo tornar-se interessante para aplicações diferenciadas (BRITO et al., 2006). Moizés (2007) relata que na termorretificação do bambu é possível se obter, de um mesmo material, cores que vão do âmbar ao negro, ao mesmo tempo em que são modificados positivamente os aspectos relativos à durabilidade. Essa técnica, além de ser sustentável, elimina a necessidade de aplicação de produtos químicos para a obtenção de novos resultados estéticos (Figura 11).

Figura 11. Pisos de bambu laminado termo-tratado, algumas tonalidades existentes



Fonte: disponível em https://www.builddirect.com/Carbonized-Bamboo-Flooring/Result_N_4294967291+4294966291+4294956590.aspx

A justificativa mercadológica é também ambiental, pois as madeiras de alto valor econômico - que são tropicais e já estão escassas – são apreciadas e reconhecidas no mercado mundial devido à cor e aos padrões de desenho. Sendo estes os principais atributos comerciais, a cor é um critério importante de qualidade, podendo inclusive definir o preço do produto final (Moura e Brito, 2011).

No Brasil, Brito (2013) e Colla (2010) realizaram testes tanto em taliscas, quanto em BLaC onde os mesmos foram submetidos à diversas temperaturas para posterior análise de suas propriedades. As análises feitas por Colla (2010) comprovaram importantes mudanças anatômicas em taliscas de bambu quando submetidas à temperaturas superiores a 180°C e, em temperaturas acima de 260°C foram detectados danos consideráveis na estrutura do bambu, o que poderia inviabilizar a sua aplicação no mobiliário. Porém seus estudos ainda puderam comprovar que o desempenho do bambu termorretificado em testes de impacto foram superiores aos das madeiras tradicionais, dependendo da temperatura utilizada, e que o bambu termorretificado possui uma estabilidade dimensional superior, se comparado ao bambu-referência, quando exposto à umidade. Colla (2010) também concluiu que há “uma faixa ideal de temperatura que corresponde ao intervalo de 140°C a 220°C, a qual, no entanto, ainda deve ser refinada, em busca da otimização do processo”.

Nos experimentos de Brito (2013) concluiu-se que o bambu termorretificado “possui um bom comportamento quando exposto aos fungos *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*, sendo classificado como resistente ou altamente resistente” e que sua resistência biológica aos cupins *Nasutitermes sp.* teve uma tendência de melhora com o aumento das temperaturas utilizadas. Observou-se também que ganhos na durabilidade e na estabilidade dimensional são obtidos a partir da temperatura de 160°C, mas que quedas nos valores de resistência mecânica também ocorrem, indicando que esta seja, possivelmente, a temperatura ideal para a obtenção dos maiores benefícios do bambu termorretificado.

Estes estudos comprovaram a viabilidade do procedimento metodológico e também detectaram a alteração de cor do material como variável dependente no tratamento térmico,

porém não há referências sobre a sua aplicação no design de mobiliário, nem tão pouco uma metodologia que garanta o controle na obtenção da tonalidade desejada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa possui caráter experimental, pois submeteu o objeto de estudo à influência de variáveis em condições controladas de que modo a se compreender por quais causas os fenômenos aqui abordados ocorrem (PRODANOV; FREITAS, 2013). Utilizou-se como raciocínio o método dedutivo, tendo como respaldo experiências de pesquisas anteriores capazes de direcionar a formulação de conclusões dos casos específicos da presente pesquisa. Os procedimentos experimentais manipularam diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo a partir de situações controladas. Os resultados foram gerados de tal forma que os mesmos pudessem ser posteriormente provados, testados, replicados e constatados.

Desta forma, os procedimentos experimentais foram divididos em quatro etapas principais, a começar pela obtenção da matéria-prima, passando pelo processo de tratamento térmico e, finalmente encerrando com dois conjuntos de testes, um de análise física e mecânica e outro de caracterização da cor.

3.1 MATERIAL

3.1.1 Bambu Laminado

Para a obtenção de ripas laminadas para tratamento térmico e corpos de prova de bambu laminado escolheu-se o bambu da espécie *Dendrocalamus asper*, espécie gigante e disponível no plantio experimental do Laboratório de Experimentação do Bambu da Faculdade de Engenharia da Unesp - Bauru.

3.1.2 Equipamentos

Alguns procedimentos experimentais necessitaram de equipamentos específicos. Os equipamentos utilizados estão ilustrados nas Figuras 12 a 27.

Figura 12. Motosserra movida à gasolina com sabre de 14 polegadas para a colheita dos colmos



Fonte: autor

Figura 13. Serra circular destopadeira com mesa deslizante para o fracionamento transversal dos colmos



Fonte: autor

Figura 14. Serra circular refiladeira dupla, com suporte deslizante para o bambu para o fracionamento longitudinal dos colmos para obtenção de ripas



Fonte: autor

Figura 15. Serra circular esquadrejadeira para a uniformização das ripas



Fonte: autor

Figura 16. Fresadora duas faces, desenvolvida especialmente para a confecção de ripas laminadas de bambu.



Fonte: autor

Figura 17. Tanque para tratamento preservativo do bambu por imersão



Fonte: autor

Figura 18. Medidor de umidade de madeira MWD-14 da marca Minipa



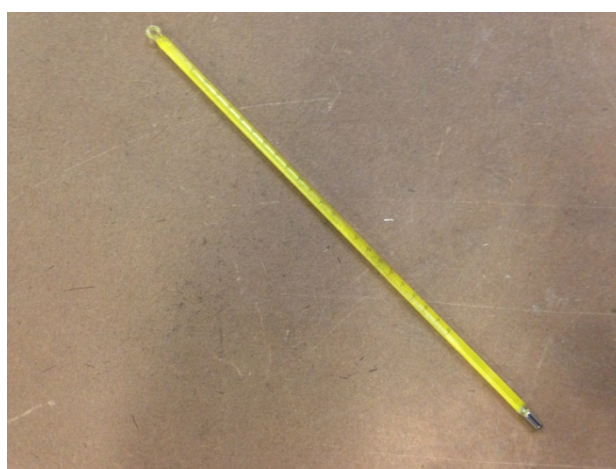
Fonte: autor

Figura 19. Paquímetro digital Mitutoyo com resolução de 0,01 mm



Fonte: autor

Figura 20. Termômetro analógico com escala de -10°C a 210°C



Fonte: autor

Figura 21. Serra de fita vertical para madeira da marca Baldan



Fonte: autor

Figura 22. Estufa com renovação e circulação de ar Marconi



Fonte: autor

Figura 23. Balança de Precisão Marconi, modelo AS 2000C, com resolução de 0,01g



Fonte: autor

Figura 24. Estufa da Ad, modelo 480 ES com controle de temperatura de até 300°C



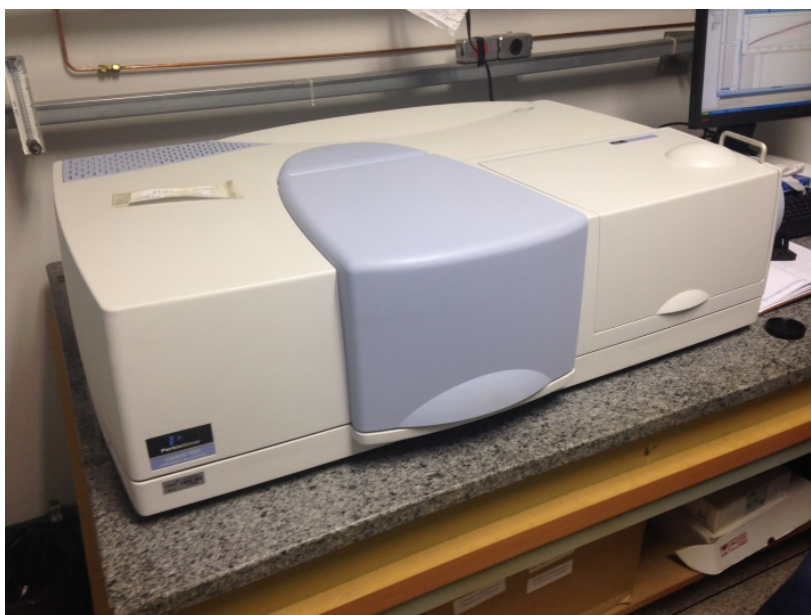
Fonte: autor

Figura 25. Máquina Universal de Ensaio EMIC, modelo DL 30.000



Fonte: autor

Figura 26. Espectrofotômetro Perkin Elmer, modelo Lambda 1050



Fonte: autor

Figura 27. Túnel de vento para secagem do bambu por ventilação forçada



Fonte: autor

3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a realização da presente pesquisa, diversas etapas metodológicas foram realizadas com base em experiências já dominadas no Laboratório de Experimentação com Bambu da Unesp - Bauru, começando pela obtenção da matéria-prima, a partir da escolha da espécie de bambu a ser trabalhada, determinação da idade do colmo, colheita e processamento do mesmo para a obtenção de ripas laminadas. Tempos de secagem e verificação de umidade foram necessários durante essa primeira etapa do experimento.

A segunda etapa da pesquisa foi determinada pela confecção de corpos de prova para o procedimento de tratamento térmico nas temperaturas de 120°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C. Posteriormente, esses grupos passaram por testes de flexão estática, obtenção da massa específica e também por uma análise da cor por meio de um espectrofotômetro.

Dois testes de repetição de procedimento foram realizados para cada uma das cinco temperaturas determinadas, com o objetivo de verificar se é possível a replicabilidade do procedimento. Ao final, percebeu-se que seria possível um novo experimento na temperatura não prevista de 190°C. Os detalhes dos procedimentos utilizados são relatados a seguir.

3.2.1 Colheita

Para a colheita do bambu, primeiramente foi determinada a espécie a ser trabalhada: *Dendrocalamus asper* (Figura 28). A escolha se baseou na necessidade de uso de um bambu de espécie gigante e disponível em grandes quantidades no plantio experimental da Faculdade de Engenharia da Unesp – Bauru, para a viabilização das etapas de

processamento do colmo. Para a colheita foram escolhidos apenas bambus em idade adulta (acima de 3 anos) e com o colmo retilíneo, ou quase retilíneo, em todo o seu comprimento.

A determinação da idade do colmo só foi possível devido ao longo trabalho de cultivo e manejo realizado no plantio experimental da Faculdade de Engenharia da Unesp – Bauru, onde cada colmo foi marcado com uma letra do alfabeto, facilitando a localização dos colmos adultos e jovens (Figura 29).

Figura 28. Touceira de bambu da espécie *Dendrocalamus asper*



Fonte: Pereira e Beraldo (2008)

Figura 29. Metodologia de determinação da idade do colmo



Fonte: Pereira e Beraldo (2008)

Para o corte do colmo utilizou-se uma motosserra, respeitando-se as recomendações de corte que determinam que o mesmo deve ocorrer na base, logo acima da região do nó,

permitindo assim que o diafragma fique exposto na moita. Após o corte do colmo, é realizada a retirada dos galhos e gemas que poderão ser utilizados para a produção de novas mudas. Em seguida, os colmos colhidos foram fracionados em partes de aproximadamente 2 metros com o objetivo de facilitar o transporte dos mesmos para o Laboratório de Experimentação com Bambu da Faculdade de Engenharia da Unesp – Bauru, onde ocorreram as etapas de processamento (Figura 30).

Figura 30. Colheita e retirada dos galhos e gemas para a posterior produção de mudas



Fonte: Ramos (2014)

3.2.2 Processamento do colmo

As partes com dois metros de comprimento, já fracionadas no momento da colheita foram fracionadas novamente em partes de 900 mm, com o auxílio de uma serra circular destopadeira, a fim de se obter partes de colmo iguais em comprimento. A escolha dessa medida se deu pela necessidade de adequar os colmos ao tamanho do tanque onde ocorreu o procedimento de tratamento preservativo. As seções de colmo aproveitadas para a presente pesquisa, foram aquelas que possuíam uma espessura de parede igual ou superior a 8 mm.

Em seguida, os colmos fracionados passaram por um processo de refilamento, por meio do uso de uma serra refiladeira dupla, onde toda a seção circular do colmo foi dividida longitudinalmente em partes de 25 mm de largura (ripas). Nesta etapa do processamento o diâmetro do colmo e a habilidade do operador da máquina são determinantes na obtenção de um número máximo possível de ripas. No presente experimento foram obtidas, em média, sete ripas por seção de colmo (Figura 31).

Figura 31. Beneficiamento do colmo em serra circular destopadeira (A) e serra circular refiladeira dupla (B)



Fonte: Pereira e Beraldo (2008)

3.2.3 Tratamento e secagem dos colmos

O processamento do bambu expõe, por consequência de seu fracionamento em ripas, toda a sua região interna, rica em amido e atrativa para xilófagos que se alimentam do mesmo causando danos estruturais à matéria-prima. A fim de se evitar esses danos fez-se necessária a escolha de um tratamento preservativo. Dos diversos tratamentos existentes, escolheu-se o procedimento de banho por imersão em tanque utilizando solução de octaborato de sódio na proporção de 80 a 100 gramas de pó dessa substância para cada um litro de água, por um período de 15 min. Esse é um tipo de tratamento superficial, porém eficaz quando se pretende estocar o bambu por um curto período de tempo. A vantagem de se escolher um sistema de tratamento menos agressivo impede que, nas demais etapas de processamento a serem realizadas, a poeira e resíduos estejam impregnados com químicos (Figura 32).

Figura 32. Produto octaborato de sódio (A) e tratamento de imersão em tanque (B)



Fonte: Ramos (2014); Pereira e Beraldo (2008)

Os colmos tratados e refilados passaram por um processo de secagem por ventilação forçada, com o auxílio de um túnel de vento, até alcançarem a umidade média de 11%,

considerada a ideal para o processamento das ripas. Esse procedimento durou cerca de duas semanas. Após a secagem, as ripas foram destacadas manualmente ou por meio de impacto, a fim de se quebrar o diafragma que as mantém ligadas (Figura 33).

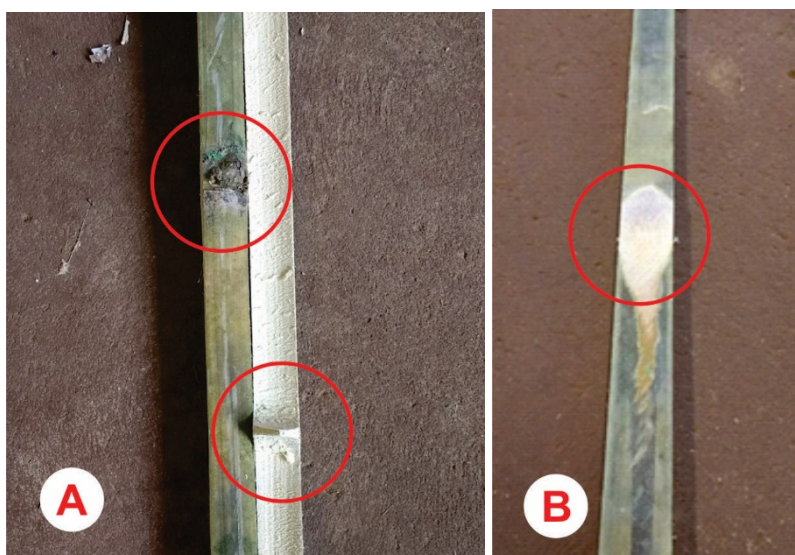
Figura 33. Túnel de vento (A) e aspecto do colmo antes do destaque das ripas (B)



Fontes: autor e Pereira e Beraldo (2008)

As ripas destacadas ainda possuem protuberâncias externas na região dos nós - crista do nó e bainha da cicatriz - e resquícios de diafragma em sua parte interna (Figura 34), estes elementos foram retirados com auxílio de uma serra circular esquadrejadeira, permitindo assim um ajuste na uniformidade das ripas para o posterior fresamento (Figura 35).

Figura 34. Aspecto das ripas antes (A) e depois (B) do beneficiamento em serra circular de bancada



Fonte: autor

Figura 35. Beneficiamento em serra circular esquadrejadeira



Fonte: autor

3.2.4 Fresamento

A fim de se otimizar o procedimento de fresamento das ripas, primeiramente as mesmas foram classificadas em grupos de acordo com suas espessuras e com o auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. A classificação inicial das ripas permite a regulação adequada do equipamento utilizado para o fresamento.

O fresamento se deu por meio de uma plaina duas faces construída especificamente para o bambu. Nesta etapa, as ripas foram usinadas de tal maneira que eliminou-se a casca e a curvatura ainda existente nesta região e na região oposta (miolo do bambu). O resultado final é um conjunto de ripas laminadas de diversas espessuras que serão reclassificadas em grupos com pequenas variações de espessura para o posterior tratamento térmico (Figura 36).

Figura 36. Etapa de fresamento de ripas em fresadora duas faces



Fonte: Ramos (2008)

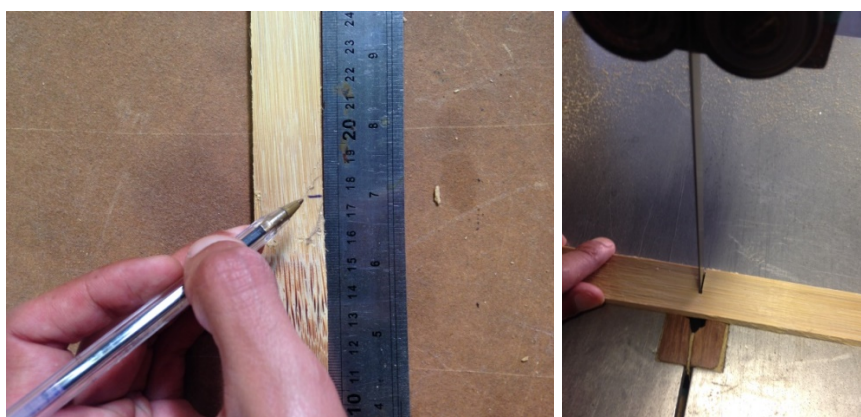
3.2.5 Confeção dos corpos de prova

Ao final do fresamento foram obtidas diversas ripas de diferentes espessuras, com largura de 25 mm e comprimento de 900 mm. A largura aqui determinada, deveu-se à necessidade de adequar os corpos de prova à análise de cor em espectrofotômetro, visto que o mesmo necessita que as amostras sejam maiores que um círculo de 24 mm de diâmetro.

Para o teste previsto de flexão estática, não existem normas que parametrizem especificamente as dimensões necessárias para o BLaC. Sendo assim, os corpos de prova foram dimensionados de modo a adaptar-se às normas de análise já existentes para madeiras, neste caso a Norma COPANT 30:1-006, que determina uma relação ideal entre comprimento e altura (L/h) de corpos de prova que deve ser maior que 10 e não superior a 20 uma vez que dentro desse intervalo atinge-se uma resistência constante e máxima (MORESCHI, 2014). Para esse teste, utilizou-se como medida final corpos de prova com comprimento de 175 mm e largura de 25 mm.

Para a obtenção da massa específica, por se tratar de uma análise de relacionamento entre o volume e a massa de um corpo, optou-se por reunir um grupo de ripas e fracioná-las com comprimento e largura iguais. Adotou-se nesse caso, amostras com 30 mm de comprimento e 25 mm de largura justificado pela necessidade de se melhor aproveitar o material processado. Todos os corpos de prova foram fracionados com o auxílio de uma serra de fita (Figuras 37 e 38) e adotou-se como parâmetro geral a utilização de corpos de prova sem a presença de nós, visto que os internós representam a maior parte de uma ripa laminada e, por consequência, representam a maior parte da composição de uma chapa de BLaC.

Figura 37. Confeção de corpos de prova



Fonte: autor

Figura 38. Ripas laminadas e classificadas por espessura antes (A) e depois (B) do fracionamento em corpos de prova



Fonte: autor

3.2.6 Tratamento Térmico

Para o tratamento térmico optou-se por repetir o procedimento adotado por Colla (2010). Primeiramente, todos os corpos de prova foram submetidos a um novo processo de secagem, com o objetivo de se eliminar totalmente a umidade. A secagem ocorreu a uma temperatura de 70°C durante um período de 48h em estufa com sistema de circulação e renovação de ar da marca Marconi. A umidade dos corpos de prova foi analisada por meio de um medidor de umidade da madeira da marca Minipa, modelo MWD-14 (Figuras 39 e 40).

Figura 39. Secagem final dos corpos de prova em estufa



Fonte: autor

Figura 40. Teor de umidade dos corpos de prova antes e depois do processo de secagem final.



Fonte: autor

Em seguida, após o equilíbrio de temperatura dos corpos de prova com a temperatura ambiente, foram separadas 16 ripas laminadas com espessuras similares a 6 mm com desvio padrão de 0,25 mm e coeficiente de variação de 3,94% (Apêndice A), para cada intervalo de temperatura a ser trabalhado. Os intervalos de temperatura escolhidos foram: 120°, 140°, 160°, 180° e 200° C.

Nesta etapa do procedimento, as ripas selecionadas foram inseridas em uma estufa e, primeiramente, foram submetidas a uma temperatura inicial de 100°C. Após a estufa atingir esta temperatura, a mesma foi regulada para um dos intervalos de temperatura desejados. Ao alcançar o intervalo de temperatura escolhido, cronometrou-se 1h para o tempo de exposição. Em seguida a estufa foi desligada e as amostras só foram retiradas após atingirem o equilíbrio térmico com o ambiente. Para esta etapa foi utilizado uma estufa da marca AD, modelo -480ES e como instrumento auxiliar, um termômetro analógico com capacidade para medir até 210°C (Figura 41). Os grupos foram separados para a realização dos testes físicos e mecânicos.

Figura 41. Tratamento térmico em estufa (A) com auxílio de termômetro (B) para controle da temperatura



Fonte: autor

3.2.7 Massa Específica Aparente

Segundo Morechi (2014) a massa específica é uma das propriedades mais importantes da madeira, visto que as diversas características, tanto físicas quanto tecnológicas dependem desse parâmetro e, por consequência, definem a qualidade da madeira. Geralmente, as madeiras pesadas possuem maior resistência, elasticidade e dureza, ao mesmo tempo em que são mais difíceis de trabalhar e apresentam maior variabilidade.

Para este ensaio foram utilizados corpos de prova com comprimento de 30 mm e largura de 25 mm fracionados após tratamento térmico. O equipamento utilizado foi a Balança de Precisão Marconi, modelo AS 2000C, com resolução de 0,01g. Foram separados 10 corpos de prova por intervalo de temperatura, totalizando 50 corpos de prova (Figura 42). A discriminação dos dados obtidos em cada um dos corpos de prova estão descritos no Apêndice B.

Figura 42. Obtenção da massa específica aparente



Fonte: autor

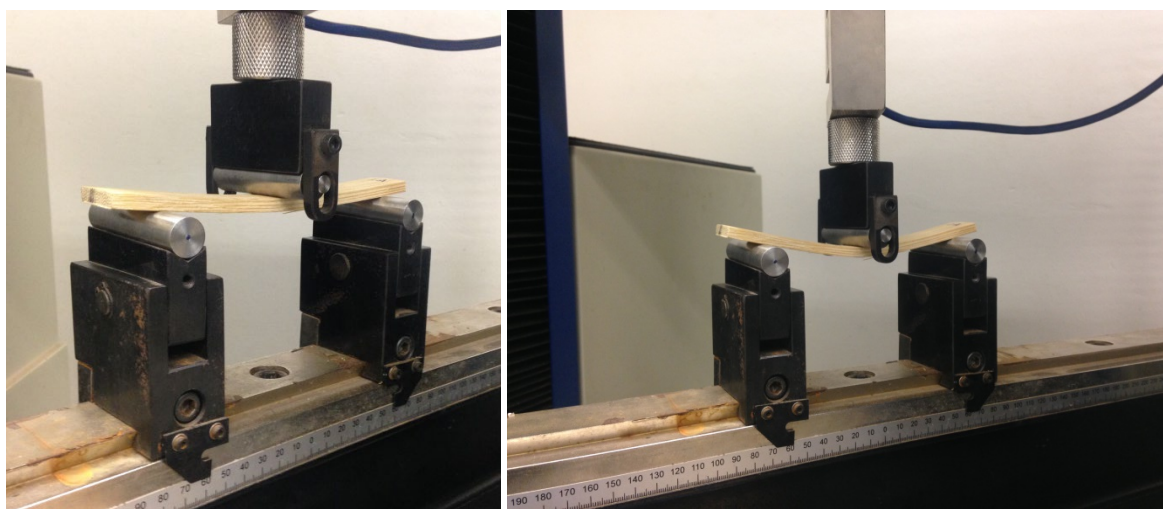
3.2.8 Ensaio de flexão estática

Um dos principais ensaios mecânicos utilizados para a avaliação da qualidade da madeira, a flexão estática “consiste na aplicação de uma carga a um corpo-de-prova que repousa sobre dois apoios, na metade de seu comprimento, para causar tensões e deformações mensuráveis até sua ruptura” (Morechi, 2014). Na prática “a madeira, até determinado ponto, apresenta uma característica elástica, onde se cessarmos a força que a

deforma, ela ainda apresenta capacidade de voltar ao seu estado original (Stangerlin et al, 2010)".

Para este ensaio, foram separados 13 corpos de prova para cada intervalo de temperatura previsto, totalizando 65 corpos de prova com dimensão de 175 mm de comprimento e 25 mm de largura. O equipamento utilizado foi a Máquina Universal de Ensaio EMIC, modelo DL 30.000, disponível no laboratório de ensaios da Faculdade de Engenharia da Unesp – Bauru. Adotou-se o método utilizado por Pereira (2006) em pesquisa Fapesp e distância entre apoios de 136mm considerando a relação dimensional recomendada por Moreschi (2014) conforme Norma COPANT 30:1-006 (Figura 43). Os relatórios obtidos para cada um dos ensaios estão discriminados no Apêndice C.

Figura 43. Teste de flexão estática



Fonte: autor

3.2.9 Testes de repetição de procedimento

A fim de se obter a confirmação de que o tratamento térmico, controlando-se as variáveis temperatura e tempo, seria uma metodologia eficaz na obtenção de novas tonalidades de BLaC, propôs-se duas repetições do mesmo experimento para cada intervalo de temperatura previsto. Para cada temperatura, foram utilizados 20 corpos de prova, 10 para cada repetição. Também foram escolhidos corpos de prova de espessuras variadas, para a averiguação da influência dessa variável na obtenção de novas tonalidades. Para os testes de repetição, foram adotadas as mesmas metodologias de aquecimento e tempo de exposição.

3.3.10 Parametrização da cor

A avaliação de uma cor não pode ser condicionada pelo olho humano. Diferentes fatores, sejam eles psíquicos, físicos ou externos, nos condicionam a perceber de forma muito particular a cor em um determinado objeto. A cor como elemento importante na comercialização de produtos em madeira deve, portanto, ser passível de uma avaliação qualitativa a partir de meios seguros, que descartem a simples avaliação a olho nu. Desta forma, optou-se pelo uso de um espectrofotômetro, modelo Lambda 1050 da marca Perkin Elmer.

O espectrofotômetro utilizado permite a obtenção de valores de refletância (R%) absorvância (A%) e transmitância (T%), porém os dois últimos valores só podem ser obtidos em corpos de prova que possuam certo grau de transparência, o que não é o caso do bambu. Desta forma, considerou-se suficiente apenas a determinação do valor de refletância, entendendo-se que quanto mais escura for a cor, menor a sua capacidade de refletir luz. O equipamento foi calibrado para determinar valores apenas dentro do espectro visível (700 a 400nm), visto que, para a finalidade da presente pesquisa são os únicos valores pertinentes.

Foram escolhidos aleatoriamente, para cada temperatura, dez corpos de provas, sendo cinco de cada teste de repetição, totalizando cinquenta amostras para a parametrização numérica das cores. Os resultados geraram gráficos que determinaram o quanto de luz é refletida em cada região do espectro visível. A representação gráfica do comportamento da cor de cada corpo de prova, bem como a relação dos valores de Refletância (R%) dos mesmos estão discriminados no Apêndice D.

4 RESULTADOS

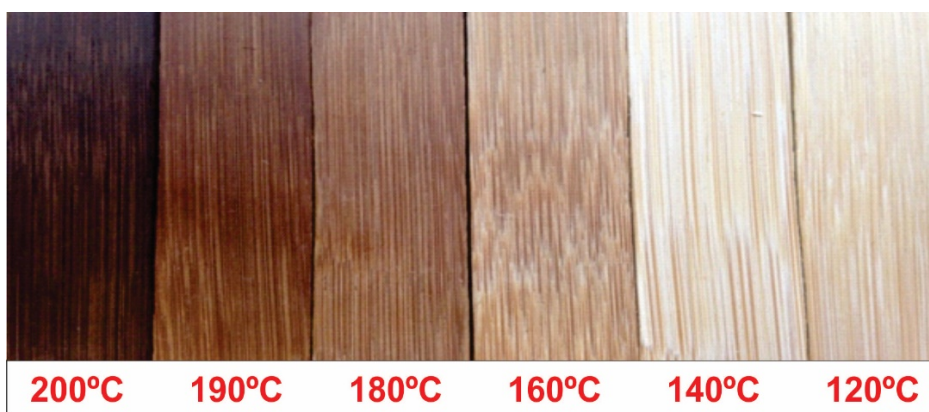
4.1 Tratamento Térmico

A cor do BLaC, objeto de estudo da presente pesquisa, já havia sido revelada como consequência do tratamento térmico (ou termorretificação) por Colla (2010) e Brito (2013). Nessas pesquisas porém, a obtenção de cor não era objeto de estudo, necessitando portanto, de novas investigações. A metodologia de tratamento térmico aqui utilizada revelou que, se controladas as variáveis tempo e temperatura, é possível se obter novas tonalidades de bambu laminado e com grau de confiabilidade necessário para as exigências da indústria.

Nos testes realizados, os corpos de prova submetidos às temperaturas de 120° e 140° C, não apresentaram significativa alteração de cor (Figura 44) se comparados a olho nu com a amostra de referência, coincidindo com os resultados alcançados por Colla (2010).

Porém, a partir da temperatura de 160° C, foi possível identificar um escurecimento nítido na coloração do bambu que se intensifica à medida que a temperatura de exposição é elevada.

Figura 44. Da esquerda para a direita, amostras de bambu laminado submetidos às temperaturas de 200°, 190°, 180°, 160°, 140° e 120°C, respectivamente.

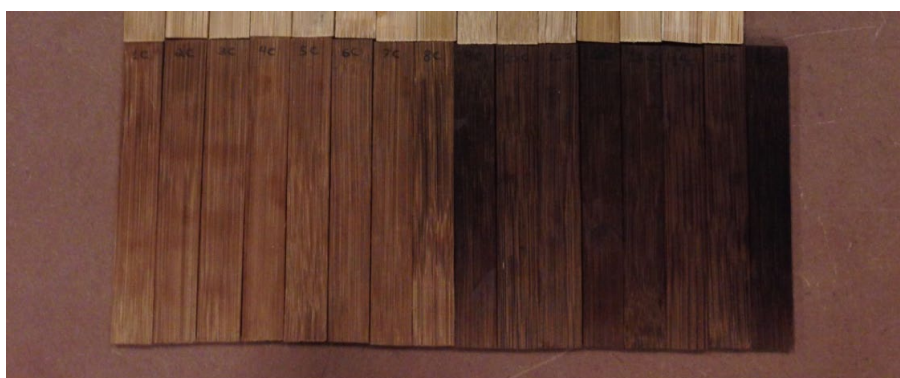


Fonte: Autor

Os testes de repetição do procedimento comprovaram que as mesmas tonalidades são possíveis de serem replicadas se controladas as variáveis envolvidas no método, neste caso, temperatura e tempo de exposição.

Entretanto, faz-se necessária a utilização de um sistema de aquecimento que possua renovação e circulação de ar, garantindo assim que a temperatura de exposição seja distribuída uniformemente por todas as ripas em tratamento. Esse critério foi constatado nos testes iniciais, quando ao expor ripas em ambiente não controlado, percebeu-se que os corpos de prova localizados próximo ao gerador de calor da estufa apresentaram um escurecimento mais acentuado e com resultado cromático próximo ao intervalo de temperatura seguinte, impossibilitando portanto, a aferição do resultado obtido (Figura 45).

Figura 45. Ripas submetidas ao mesmo procedimento sem o controle das variáveis envolvidas



Fonte: autor

4.2 Massa Específica Aparente e Flexão Estática

Os testes comprovaram uma evidente diminuição de massa das amostras e, por consequência, uma diminuição em sua resistência mecânica. Isso se deve ao fato de que, quanto maior a temperatura de exposição, mais próximo da carbonização o material está. A Tabela 8 apresenta a média dos valores obtidos na obtenção da Massa Específica Aparente e nos testes de Flexão Estática das amostras de cada um dos intervalos de temperatura. Notou-se que, assim como no processo de mudança de tonalidade, os corpos de prova submetidos às temperaturas de 120°C e 140°C apresentaram características similares e que, a partir da exposição à temperatura de 160°C (temperatura a qual notou-se visível mudança de tonalidade) houve gradativa diminuição de massa e de resistência mecânica.

Tabela 8. Média dos valores obtidos na obtenção da Massa Específica Aparente e nos testes de Flexão Estática.

Temperatura (°C)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	Flexão Estática Força máxima (kgf)	Flexão Estática Tensão na força máxima (kgf/cm²)
120	0,85	102,80	2151
140	0,85	103,20	2150
160	0,84	85,30	1674
180	0,81	70,81	1484
200	0,67	54,95	1085

Fonte: autor

Especificamente nos testes de flexão estática, constatou-se que a característica de ruptura dos corpos de prova mudou a partir da temperatura de 160° C, ou seja, a partir da mudança visível de tonalidade (Figura 46). Esse padrão de ruptura longitudinal diferenciado, que não ocorreu nas ripas submetidas aos intervalos de temperatura de 120° e 140° C, pode abrir discussões sobre o comportamento do BLaC termo-tratado em um processo de curvatura por meio de moldes.

Figura 46. Padrão de ruptura ocorrido nas ripas expostas à temperaturas superiores a 160° C, após teste de flexão estática



Fonte: autor

Observou-se também uma tendência de “descolamento” das fibras que se acentua nos intervalos de temperatura mais elevados. Ripas expostas à temperatura de 200° C, por exemplo, quando submetidas a um processo de corte em serra de fita, apresentaram esse comportamento revelando a possibilidade de haver maiores dificuldades na obtenção de acabamentos desse material quando o mesmo passar por procedimentos padrões de marcenaria, como: cortes por meio de ferramentas ou máquinas, desengrossamento, fresamento, lixamento, etc.(Figura 47).

Figura 47. Tendência de “descolamento” das fibras observado após corte das ripas submetidas à temperatura de 200° C

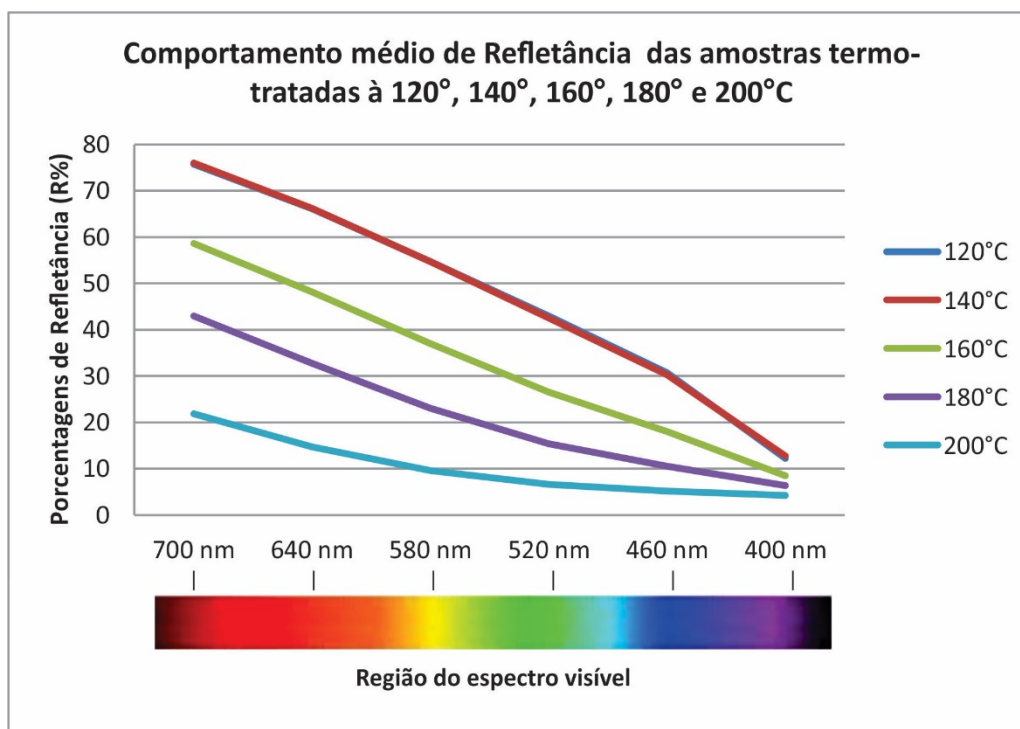


Fonte: autor

4.3 Parametrização da cor

As análises de cor realizadas por meio de espectrofotômetro endossaram as conclusões obtidas à olho nu. Nas temperaturas de 120° e 140° C, não houveram alterações significativas na coloração das amostras, porém nas temperaturas a partir de 160° C, é possível verificar mudanças no comportamento das novas tonalidades dentro do espectro visível. O Gráfico 2 é uma compilação dos valores médios encontrados em cada intervalo de temperatura. Nele é possível observar que há uma sobreposição dos valores de refletância obtidos nas amostras submetidas às temperaturas de 120°C e 140°C, caracterizando-as numericamente como amostras de tonalidades similares, ou seja, refletem porcentagens idênticas de cada uma das cores do espectro visível. Porém, a partir da temperatura de 160°C observa-se uma queda acentuada nas porcentagens de refletância situadas na região correspondente ao intervalo de 700 a 640 nm, faixa esta do espectro correspondente aos vermelhos e laranjas. Essa queda gradativa é também presente nas outras regiões do espectro visível, sendo menos acentuada na faixa dos 400 nm, correspondente a cor violeta.

Gráfico 2 – Comportamento médio das cores de BLaC obtidas na faixa visível do espectro.



Fonte: Autor

4.4 Testes de repetição de procedimento

A fim de se obter um parâmetro de avaliação da metodologia utilizada, optou-se por repetir duas vezes os ensaios para cada uma das temperaturas escolhidas. Os resultados obtidos apresentaram mínima ou nenhuma variação de cor entre os corpos de prova, o que comprovou que os procedimentos metodológicos são seguros. À respeito das mínimas variações de cor entre corpos de prova submetidos à mesma temperatura, pode-se afirmar que, para a espécie de bambu utilizada, o escurecimento da ripa sempre acompanhou os aspectos visuais de superfície da mesma, ou seja, uma ripa que apresente um padrão superficial contendo mesclas de cores continuará apresentando o mesmo padrão superficial após o seu escurecimento (Figura 48).

Figura 48. O escurecimento da ripa não altera as suas características superficiais originais



Fonte: autor

A pesquisa também constatou que o processo de tratamento térmico não é superficial. Ripas expostas a cada um dos intervalos de temperatura escolhidos foram submetidas a um processo de fracionamento em serra de fita para observação do resultado da ação do calor em suas camadas internas e verificou-se que a mudança cromática ocorreu em absolutamente todo o corpo de prova (Figura 49).

Figura 49. Aspecto das camadas internas de uma ripa termo-tratada fracionada após tratamento térmico



Fonte: autor

Outros testes foram realizados com ripas de diferentes espessuras, considerando que esta variável pudesse interferir no resultado cromático. Porém constatou-se que corpos

de prova de diferentes espessuras submetidos ao mesmo tempo de exposição e temperatura se alteram cromaticamente da mesma forma. Sendo assim, a espessura não deve ser considerada como uma variável.

5. CONCLUSÕES

A revisão apontou que a cor da madeira é um dos atributos principais de oferta de valor de um produto, pois pode determinar qualidade e preço e deve estar condicionada às questões de moda que condicionam o consumo. Desta forma, considerando o cenário deste setor e, afim de abrir caminhos para uma inovação palpável, a presente pesquisa optou por se apropriar de conhecimentos já existentes e testados para a obtenção de novas tonalidades de bambu laminado a fim de que o mesmo se revele como opção de madeira alternativa para a indústria.

Quanto ao tratamento térmico, enquanto objetivo de obtenção de novas tonalidades, a pesquisa comprovou ser possível alcançar resultados uniformes, se controladas as variáveis temperatura e tempo. Constatou-se também que o procedimento deve ser realizado por meio de uma estufa que possua renovação e circulação de ar para que haja uniformidade na distribuição do calor nas ripas laminadas.

A respeito dos ensaios de análise complementares, constatou-se que o tratamento térmico, apesar de conferir ao bambu, conforme pesquisas anteriores, um aumento de resistência à fungos e insetos, também diminui suas características de resistência mecânica. Os ensaios de massa específica aparente revelaram que a perda de massa do bambu laminado termo-tratado é diretamente proporcional ao intervalo de temperatura de exposição e que a sua resistência mecânica também é afetada, constatando que quanto mais escura a cor, menos resistente é o material.

Os equipamentos utilizados para o tratamento térmico nesta pesquisa permitiram que só fosse possível alcançar a temperatura máxima de exposição de 200° C. Porém, as experiências de Colla (2010) constataram que há uma faixa ideal de temperatura que vai de 140° C a 220° C. Esta constatação abre discussões para a possibilidade de obtenção de um padrão cromático negro ou próximo. Durante as experiências também percebeu-se uma variação de cor considerável entre as temperaturas de 180° C e 200° C, o que abriu precedentes para um novo teste no intervalo de temperatura de 190° C. Esse novo teste obteve um novo resultado cromático intermediário, o que revela ser possível a obtenção de outras tonalidades, até então não obtidas, a partir de escolhas de novos intervalos de temperaturas dentro da faixa ideal citada por Colla (2010).

Sabe-se que todo o processo fabril que almeja ter em sua retaguarda o respaldo de certificações para a garantia da entrega de qualidade, necessita de parâmetros seguros para a sua autoavaliação. A cor, por ser um atributo que geralmente é decodificado de forma subjetiva pelo ser-humano, necessita de ferramentas que garantam uma interpretação segura. O presente projeto se preocupou em apresentar um parâmetro de avaliação numérico para que, o mesmo, também pudesse ser utilizado na indústria moveleira. Por meio do uso de um espectrofotômetro foi possível avaliar o comportamento cromático dos corpos de prova em cada um dos intervalos de temperatura, tendo como referência o índice de refletância (R%). Conforme esperado, este índice decresceu acompanhando o escurecimento das ripas.

Das vantagens em termos de *design*, talvez a mais atrativa comercialmente seja a possibilidade, a partir do uso desta metodologia, do desenvolvimento de placas de BLaC com diversos padrões de superfície, por meio do agrupamento planejado ou aleatório de ripas de diferentes cores. Essa vantagem combinada às infinitas possibilidades projetuais reafirmam a versatilidade do bambu no desenvolvimento de móveis.

6. CONTRIBUIÇÕES FUTURAS

As descobertas desta pesquisa revelaram que novas análises ainda devem ser realizadas dentro do tema. Se a finalidade principal é a inserção definitiva deste material na indústria, sugere-se que novos estudos sejam desenvolvidos submetendo o BLaC termo-tratado a testes específicos relacionados diretamente aos processos industriais utilizados no setor moveleiro, como: testes de lixamento, testes de curvatura, testes de arrancamento de parafusos, entre outros. Além disso, propõe-se que novos testes de tratamento térmico sejam realizados utilizando tempos de exposição inferiores à uma hora para se aferir se é possível obter-se as mesmas tonalidades com maior rapidez e, testes de tratamento com tempos superiores à uma hora a fim de se constatar se ocorreria um escurecimento mais acentuado nas ripas laminadas, e portanto novas tonalidades.

Estas novas informações poderiam ser utilizadas na confecção de uma cartilha, por exemplo, que fosse capaz de afirmar o que é possível se realizar em termos projetuais com cada uma das cores obtidas e, desta forma, orientar designers e indústria na melhor aplicação desta matéria-prima para o desenvolvimento de móveis.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F. **Experiências empresariais em sustentabilidade: avanços, dificuldades e motivações de gestores e empresas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

AMORIN, P. **Design, produção e consumo: uma exploração no contemporâneo**. *Actas de Diseño* [on line]. Año V. Vol.9. Julio 2010. Buenos Aires, Argentina. Disponível em: <http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_libro=148&id_articulo=6028>

ANDREASI, D. **Consumo x pirâmide de Maslow: uma outra visão da teoria**. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/consumismo-x-piramide-de-maslow-uma-outra-visao-da-teoria/52368/>>. Acesso em 18 ago. 2016.

BARBERO, S.; COZZO, B. **Ecodesign**. Königswinter: H. F. Ullmann, 2009.

BISHOP, J. et al (Coord.). **TEEB – A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade**. Relatório para o Setor de Negócios – Sumário Executivo 01 jul. 2010.

BRITO, F. M. S. **Efeito da termorreificação nas propriedades tecnológicas do bambu**. 2013. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Jerônimo Monterio, 2013.

BRITO, J. O.; GARCIA, J. N.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. **Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorreificação**. *Cerne*, Lavras, v.12, n. 2, p.182-188, 2006

BONSE, R.; TOMASELLI, I. **Tecnologias e processos inovadores de transformação da madeira em produtos de valor agregado**. Informativo STCP. Curitiba, n. 18, p. 05-07, 2014/2015.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: CosacNaify, 2013.

COLLA, W. A. **Efeito do tratamento térmico nas características físicas e mecânicas do bambu (*Dendrocalamus giganteus* Munro)**. 2010. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2010.

DUNAJSKI, M.; ONO, M. M.; RIAL, C. **Consumo e Design: projetos e metamorfoses sociais mediando estilos de vida sustentáveis**. In: Marilda Pinheiro Queluz. (Org.). *Design e Consumo*. 1ed. Curitiba: Peregrina, 2010, v. 1, p. 15-35.

FAO. **State of the world's forests 2016. Forests and agriculture: land-use challenges and opportunities.** Rome, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5588e.pdf>>

FUAD-LUKE, A. **Ecodesign: The Sourcebook, Third Edition Fully Revised.** San Francisco: Chronicle Books LLC, 2010.

GALINARI, R.; JUNIOR, J. R. T.; MORGADO, R. R. **A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas.** Artigo. BNDES Setorial 37, p. 227-272, 2013. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>

GONÇALVES, C. **Economia Verde.** Revista Brasil Sustentável – Ed.33 jul/ago 2011

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

GUIMARÃES, L. B. de M. **Design e sustentabilidade: Brasil: produção e consumo, design sociotécnico.** Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2009.

HAUG, W. F. **Crítica da estética da mercadoria.** São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1997.

HAWKEN, P. **The Ecology of commerce: a declaration of sustainability.** s. l.: HarperBusiness, 1994.

INBAR. **SDG 13 – MUDANÇA CLIMÁTICA.** Disponível em: <<http://www.inbar.int/programmes/sdg13-climate-change/#2>> – Acesso em 08 fev. 2018. INBAR (International Bamboo and Ratan Organization)

KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves.** São Paulo: Editora Senac, 2009

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

KUEHL, Y.; HENLEY, G.; YIPING, L. **Change Challenge and Bamboo: mitigation and adaptation.** INBAR Working Paper, n. 65, 2013. ISBN: 978-92-95098-06-0.

LANNA, S. L. B.; DELGADO, P. S.; AYRE, E.; LAGO, R. M. **Eco-design: a eficiência de produtos feitos de bambu para o sequestro de carbono.** 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Luís, 2012.

LIPOVETSKY, G. **O império do efêmero: a moda e seu destino nas sociedades modernas.** São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

MEDEIROS, R. & YOUNG; C.E.F. 2011. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: relatório final.** Brasília: UNEP-WCMC, 2011.

MENEGUIN, F. **O que é mercado de carbono e como ele opera no Brasil?** Brasil Economia e Governo [on line]. Ago. 2012. Disponível em < <http://www.brasil-economia-governo.org.br/2012/08/13/o-que-e-o-mercado-de-carbono-e-como-ele-opera-no-brasil/> > Acesso em 25 fev. 2017.

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.

MORECHI, J. C. **Propriedades da Madeira.** Apostila – Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba: Ministério da Educação e do Desporto. 2014.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O. **Efeito da termorreificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.** Piracicaba: Scientia Forestalis, v.39, n.89, mar. 2011.

MOURA, M. **Design brasileiro contemporâneo: reflexões.** São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2014

NAHUZ, M. A. R. **Atividades industriais com madeira de Pinus: atualidade e desafios.** Revista da Madeira – Edição nº124 – Julho de 2010.

NAKAGAWA, M. **Plano de negócio sustentável: princípios, conceitos e aplicações.** In: NETO, João Amato (Org.). Sustentabilidade & produção: teoria e prática para uma gestão sustentável. São Paulo: Atlas, 2011. Cap.7.

NETO, J. A. (Org). **Sustentabilidade & produção: teoria e prática para uma gestão sustentável.** São Paulo: Atlas, 2011.

NETO, J. A. **Gestão sustentável da cadeia de suprimentos (*Green Supply Chain Management*): princípios e aplicações.** In: _____ (Org). Sustentabilidade & produção: teoria e prática para uma gestão sustentável. São Paulo: Atlas, 2011. Cap.6.

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.

PEREIRA, M. A. dos R. **Projeto Bambu: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na Unesp de Bauru/SP e determinação de características mecânicas de ripas laminadas.** In: Seminário Nacional de Bambu: estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento. 13 a 15 de setembro, Brasília, D.F., p. 91-103, 2006.

PEREIRA, M. A. dos R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru: Editora Canal 6, 2008.

PEREIRA, M. A. dos R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru: Editora Canal 6, 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Freevale, 2013.

RAMOS, B. P. F. **Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLaC) para a fabricação de mobiliário – diretrizes para o design.** 2014. 115f. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2014.

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, 2009.

ROSA, S. E. S. da et al. **O setor de móveis na atualidade: uma análise preliminar.** Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2007.

SIMONETTI et al. (Coord.) **O valor do ISE: principais estudos e a perspectiva dos investidores.** BM&BOVESPA. São Paulo. Nov. 2012, 31 p.

SOUZA, R. de; **Diálogos com a construção.** 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2012.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; CADEMOARTORI, P. H. G. **Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade.** Ciência da Madeira, Pelotas, v. 01, n. 02, p. 70-79, nov. 2010.

TOMASELI, I.; WIECHETECK, M.; DINIZ, M. B. **O Brasil e o comércio sustentável internacional de produtos florestais.** Informativo STCP. Curitiba, n. 18, p. 55-57, 2014/2015.

VASCONCELOS, F. **Expansão do Manejo pode evitar apagão florestal de madeira legal da Amazônia** <<http://www.mma.gov.br/informma/item/7434-expansao-do-manejo-pode-evitar-apagao-florestal-de-madeira-legal-da-amazonia>>. 2011

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

WWF Brasil. **O planeta precisa de 1,5 ano para regenerar os recursos renováveis que consumimos em um ano.** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/pegada_ecologica_global/>. Acesso em 09 jun. 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Relação de espessuras obtidas em corpos de prova

A determinação dos valores finais de espessuras de cada corpo de prova baseou-se na média dos valores obtidos a partir da aferição da espessura em três pontos distintos da ripa laminada ao longo de seu comprimento. Os valores e1 e e3 representam as espessuras obtidas nos extremos do corpo de prova, enquanto que o valor e2 representa a espessura obtida no centro do corpo de prova. Esse procedimento ocorreu após secagem inicial das amostras e as mesmas estão organizadas conforme intervalo de temperatura de tratamento térmico a que foram submetidas posteriormente.

GRUPO ENSAIO A - TEMPERATURA: 120°C				
Amostra	e1	e2	e3	Espessura média (mm)
01A	6,21	6,16	6,17	6,180
02A	6,15	6,1	6,33	6,193
03A	6,51	6,75	6,44	6,567
04A	6,15	5,97	6,13	6,083
05A	6,32	6,11	6,24	6,223
06A	6,16	6,01	6,05	6,073
07A	5,5	5,59	5,71	5,600
08A	6,3	6,44	6,39	6,377
09A	6,5	6,58	6,4	6,493
10A	6,29	6,39	6,45	6,377
11A	6,24	6,15	6,13	6,173
12A	6,65	6,5	6,35	6,500
13A	6,16	6,3	6,29	6,250
14A	6,18	6,25	6,16	6,197
15A	6,44	6,47	6,51	6,473
16A	6,35	6,14	6,22	6,237

GRUPO ENSAIO B - TEMPERATURA: 140°C				
Amostra	e1	e2	e3	Espessura média (mm)
01B	6,12	6,09	6,07	6,093
02B	6,16	6,1	6,09	6,117
03B	6,02	6	5,94	5,987
04B	6,11	6,47	6,32	6,300
05B	6,09	6,32	6,2	6,203
06B	6,27	6,22	6,02	6,170
07B	6,36	6,24	6,22	6,273
08B	5,9	5,99	5,95	5,947
09B	6,64	7,3	7,07	7,003
10B	5,91	6,13	6,23	6,090
11B	5,96	6,07	6,02	6,017

12B	6,4	6,42	6,38	6,400
13B	6,16	6,49	6,46	6,370
14B	6,24	6,32	6,26	6,273
15B	6,87	6,75	6,81	6,810
16B	6,23	6,29	6,5	6,340

GRUPO ENSAIO C - TEMPERATURA: 180°C				
Amostra	e1	e2	e3	Espessura média (mm)
01C	6,64	6,73	6,51	6,627
02C	6,15	5,94	6,6	6,230
03C	6,09	6,14	6,13	6,120
04C	6,49	6,6	6,38	6,490
05C	6,3	6,6	6,44	6,447
06C	6,15	6,22	6,19	6,187
07C	5,95	6,18	6,35	6,160
08C	5,54	6,38	6,61	6,177
09C	6,17	6,06	6,16	6,130
10C	6,06	5,93	6,08	6,023
11C	6,23	6,2	6,08	6,170
12C	6,11	6,37	6,38	6,287
13C	6,23	6,02	6,09	6,113
14C	6,54	6,33	6,2	6,357
15C	6,04	5,94	6,07	6,017
16C	6,26	6,24	6,27	6,257

GRUPO ENSAIO D - TEMPERATURA: 160°C				
Amostra	e1	e2	e3	Espessura média
01D	6,45	6,53	6,16	6,380
02D	6,07	5,94	6,16	6,057
03D	6,79	6,7	6,6	6,697
04D	6,51	6,6	6,63	6,580
05D	6,31	7,07	6,9	6,760
06D	6,15	6,37	6,4	6,307
07D	6,9	6,9	6,53	6,777
08D	6,25	6,34	6,45	6,347
09D	6,48	6,55	6,39	6,473
10D	6,93	7,02	6,71	6,887
11D	5,85	6,54	6,2	6,197
12D	6,35	6,32	6,33	6,333
13D	6,18	6,18	6,22	6,193
14D	6,54	6,36	6,33	6,410
15D	6,15	6,31	6,16	6,207
16D	5,94	6,16	6,07	6,057

GRUPO ENSAIO E - TEMPERATURA: 200°C				
Amostra	e1	e2	e3	Espessura média (mm)
01E	6,03	6	6,04	6,023
02E	6,37	6,3	6,18	6,283
03E	6,37	6,56	6,19	6,373
04E	6,19	6,28	6,23	6,233
05E	6,47	6,91	6,71	6,697
06E	6,5	6,67	6,59	6,587
07E	6,34	6,68	6,56	6,527
08E	6,64	6,71	6,54	6,630
09E	6,07	6,58	6,35	6,333
10E	6,5	6,95	6,93	6,793
11E	6,48	6,93	6,8	6,737
12E	6,33	6,5	6,48	6,437
13E	6,31	6,24	6,37	6,307
14E	6,6	6,75	6,69	6,680
15E	6,1	5,99	6,12	6,070
16E	6,34	6,56	6,68	6,527

Média Total das Espessuras: 6,326 mm

Desvio Padrão: 0,249 mm

Coeficiente de Variação: 3,94%

APÊNDICE B – Valores de Massa Específica Aparente obtidos em cada amostra

MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 120°C							
amostra	comprim. (mm)	largura (mm)	espessura (mm)	volume (mm³)	volume (cm³)	massa (g)	m.e. apar. (g/cm³)
120 A	30	25	6,19	4642,5	4,6425	4,23	0,91
120 B	30	25	6,4	4800	4,8	3,94	0,82
120 C	30	25	6,24	4680	4,68	3,71	0,79
120 D	30	25	6,27	4702,5	4,7025	4,18	0,89
120 E	30	25	6,3	4725	4,725	3,27	0,69
120 F	30	25	6,27	4702,5	4,7025	4,17	0,89
120 G	30	25	6,3	4725	4,725	3,73	0,79
120 H	30	25	6,33	4747,5	4,7475	4,54	0,96
120 I	30	25	6,23	4672,5	4,6725	4,2	0,90
120 J	30	25	6,25	4687,5	4,6875	4,12	0,88
						MÉDIA	0,85

MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 140°C							
amostra	comprim. (mm)	largura (mm)	espessura (mm)	volume (mm³)	volume (cm³)	massa (g)	m.e. apar. (g/cm³)
140 A	30	25	6,2	4650	4,65	4,08	0,88
140 B	30	25	6,16	4620	4,62	4,03	0,87
140 C	30	25	6,25	4687,5	4,6875	4,06	0,87
140 D	30	25	6,25	4687,5	4,6875	4,03	0,86
140 E	30	25	6,3	4725	4,725	4,12	0,87
140 F	30	25	6,2	4650	4,65	3,65	0,78
140 G	30	25	6,34	4755	4,755	4,03	0,85
140 H	30	25	6,28	4710	4,71	3,92	0,83
140 I	30	25	6,33	4747,5	4,7475	3,95	0,83
140 J	30	25	6,2	4650	4,65	3,89	0,84
						MÉDIA	0,85

MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 160°C							
amostra	comprim. (mm)	largura (mm)	espessura (mm)	volume (mm³)	volume (cm³)	massa (g)	m.e. apar. (g/cm³)
160 A	30	25	5,88	4410	4,41	3,66	0,83
160 B	30	25	6,32	4740	4,74	4,06	0,86
160 C	30	25	6,16	4620	4,62	3,79	0,82
160 D	30	25	6,16	4620	4,62	4,11	0,89
160 E	30	25	6,47	4852,5	4,8525	4,11	0,85
160 F	30	25	5,99	4492,5	4,4925	3,65	0,81

160 G	30	25	5,93	4447,5	4,4475	3,71	0,83
160 H	30	25	6,35	4762,5	4,7625	4	0,84
160 I	30	25	6,12	4590	4,59	3,77	0,82
160 J	30	25	6,42	4815	4,815	4	0,83
						MÉDIA	0,84

MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 180°C							
amostra	comprim. (mm)	largura (mm)	espessura (mm)	volume (mm³)	volume (cm³)	massa (g)	m.e. apar. (g/cm³)
180 A	30	25	6,29	4717,5	4,7175	3,8	0,81
180 B	30	25	6,51	4882,5	4,8825	3,83	0,78
180 C	30	25	6,54	4905	4,905	3,81	0,78
180 D	30	25	6,58	4935	4,935	3,87	0,78
180 E	30	25	6,52	4890	4,89	3,8	0,78
180 F	30	25	6,07	4552,5	4,5525	3,8	0,83
180 G	30	25	6,1	4575	4,575	3,79	0,83
180 H	30	25	6,11	4582,5	4,5825	3,8	0,83
180 I	30	25	6,12	4590	4,59	3,87	0,84
180 J	30	25	6,14	4605	4,605	3,92	0,85
						MÉDIA	0,81

MASSA ESPECÍFICA APARENTE DE AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 200°C							
amostra	comprim. (mm)	largura (mm)	espessura (mm)	volume (mm³)	volume (cm³)	massa (g)	m.e. apar. (g/cm³)
200 A	30	25	6,15	4612,5	4,6125	2,95	0,64
200 B	30	25	6,44	4830	4,83	2,91	0,60
200 C	30	25	6,42	4815	4,815	2,93	0,61
200 D	30	25	6,41	4807,5	4,8075	2,92	0,61
200 E	30	25	6,44	4830	4,83	3,6	0,75
200 F	30	25	6,46	4845	4,845	3,51	0,72
200 G	30	25	6,48	4860	4,86	3,53	0,73
200 H	30	25	6,42	4815	4,815	3,44	0,71
200 I	30	25	6,39	4792,5	4,7925	3,65	0,76
200 J	30	25	6,32	4740	4,74	2,83	0,60
						MÉDIA	0,67

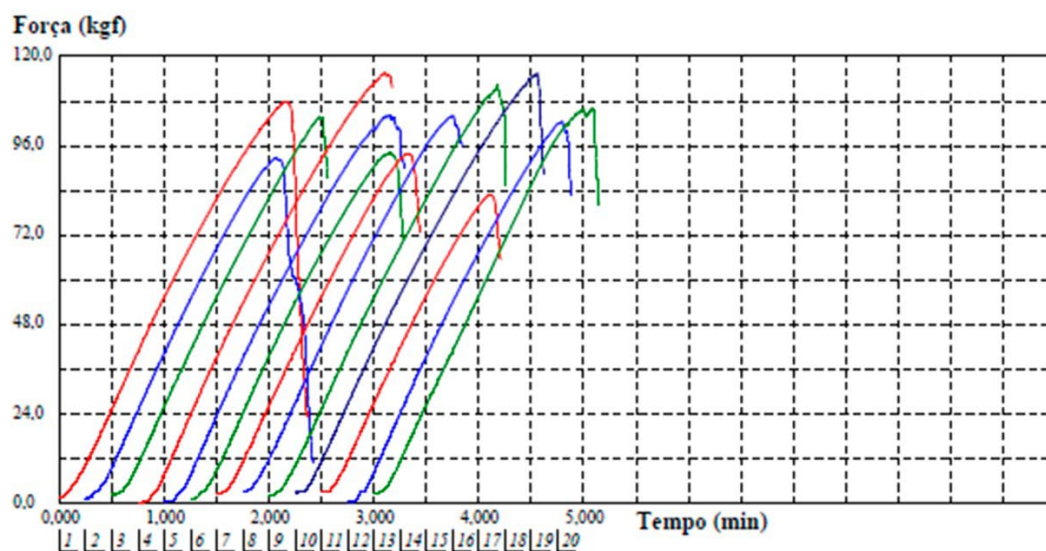
APÊNDICE C – Relatórios de ensaios de Flexão Estática para cada intervalo de temperatura obtido, respectivamente: 120°, 140°, 160°, 180° e 200°C.

UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL3000N Célula: Trd 26 Extensômetro: - Data: 30/01/2018 Hora: 14:58:29 Trabalho nº **3164**
Programa: Tesc versão 1.13 Método de Ensaio: bambu flexão est A norma compensado 50 kgf
Ident. Amostra: > Espécie: **Bambu Dendrocalamus Asper 1**; Provedência: Uninteressado: Mestrado Rodrigo Rocha_Pereira

Corpo de Prova	Altura do CP (mm)	b (mm)	Força Máxima (kgf)	Tensão na Força máxima (kgf/cm ²)
CP 1	6,18	25,00	107,83	2303,81
CP 2	6,56	25,00	92,92	1761,92
CP 3	6,08	25,00	103,87	2292,87
CP 4	6,22	25,00	115,81	2442,68
CP 5	5,60	25,00	104,44	2717,49
CP 6	6,37	25,00	94,12	1892,76
CP 7	6,49	25,00	93,98	1820,67
CP 8	6,37	25,00	104,15	2094,54
CP 9	6,50	25,00	112,35	2169,90
CP 10	6,25	25,00	115,67	2416,34
CP 11	6,47	25,00	82,96	1617,07
CP 12	6,23	25,00	102,60	2157,05
CP 13	6,17	25,00	106,13	2274,93
Número CPs	13	13	13	13
Média	6,268	25,00	102,8	2151
Desv. Padrão	0,2505	0,0000	9,630	309,7
Coef. Var. (%)	3,996	0,0000	9,365	14,40
Mínimo	5,600	25,00	82,96	1617
Máximo	6,560	25,00	115,8	2717

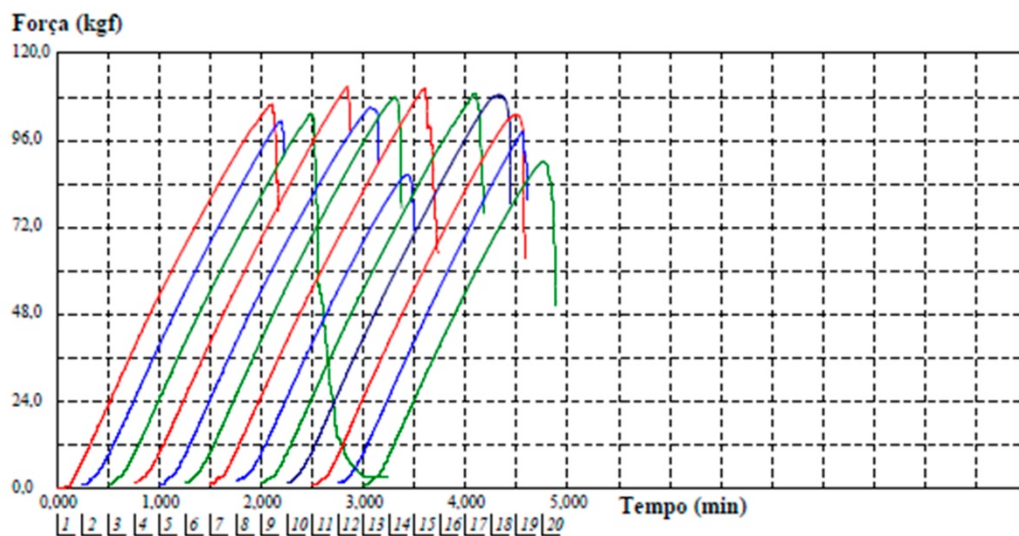


UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: **-** Data: **31/01/2018** Hora: **09:44:55** Trabalho nº **3165**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **bambu flexão est A norma compensado 50 kgf**
Ident. Amostra: **> Espécie: Bambu Dendrocalamus Asper 1- Procedência: Uninteressado: Mestrado Rodrigo Rocha_Pereira**

Corpo de Prova	Altura do CP (mm)	b (mm)	Força Máxima (kgf)	Tensão na Força máxima (kgf/cm ²)
CP 1	6,09	25,00	105,99	2331,99
CP 2	6,11	25,00	101,40	2216,35
CP 3	5,98	25,00	103,38	2358,91
CP 4	6,30	25,00	110,94	2280,80
CP 5	6,17	25,00	105,14	2253,73
CP 6	6,27	25,00	108,04	2242,55
CP 7	5,94	25,00	110,51	2555,84
CP 8	7,00	25,00	86,70	1443,84
CP 9	6,02	25,00	109,03	2454,95
CP 10	6,40	25,00	108,68	2165,04
CP 11	6,37	25,00	103,31	2077,48
CP 12	6,81	25,00	98,43	1731,91
CP 13	6,34	25,00	90,30	1833,25
Número CPs	13	13	13	13
Média	6,292	25,00	103,2	2150
Desv.Padrão	0,3128	0,0000	7,510	310,2
Coef.Var.(%)	4,971	0,0000	7,276	14,43
Mínimo	5,940	25,00	86,70	1444
Máximo	7,000	25,00	110,9	2556

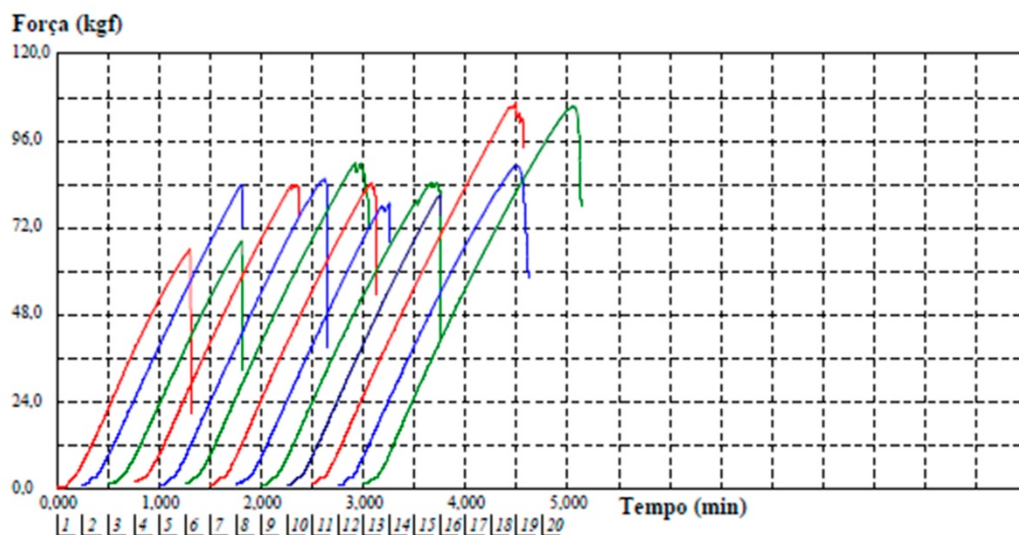


UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL3000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **31/01/2018** Hora: **10:26:38** Trabalho nº **3166**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **bambu flexão est A norma compensado 50 kgf**
Ident. Amostra: > Espécie: **Bambu Dendrocalamus Asper 1** Procedência: **UnInteressado: Mestrado Rodrigo Rocha_Pereira**

Corpo de Prova	Altura do CP (mm)	b (mm)	Força Máxima (kgf)	Tensão na Força máxima (kgf/cm ²)
CP 1	6,69	25,00	66,07	1204,56
CP 2	6,58	25,00	83,95	1582,10
CP 3	6,76	25,00	68,47	1222,64
CP 4	6,30	25,00	83,95	1725,86
CP 5	6,77	25,00	85,64	1524,73
CP 6	6,48	25,00	89,95	1748,02
CP 7	6,47	25,00	84,51	1647,37
CP 8	6,88	25,00	79,00	1361,86
CP 9	6,19	25,00	84,58	1801,28
CP 10	6,33	25,00	81,19	1653,41
CP 11	6,19	25,00	106,77	2273,80
CP 12	6,41	25,00	89,17	1770,97
CP 13	6,20	25,00	105,64	2242,47
Número CPs	13	13	13	13
Média	6,481	25,00	85,30	1674
Desv. Padrão	0,2386	0,0000	11,64	325,3
Coef. Var. (%)	3,681	0,0000	13,65	19,44
Mínimo	6,190	25,00	66,07	1205
Máximo	6,880	25,00	106,8	2274

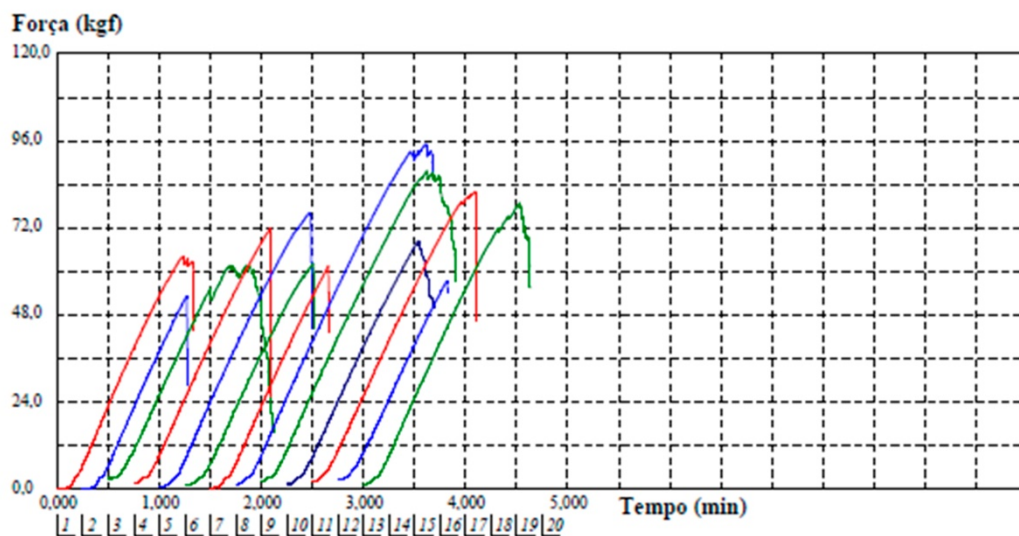


UNESP - Universidade Estadual Paulista
 Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: **-** Data: **31/01/2018** Hora: **10:59:17** Trabalho n° **3167**
 Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **bambu flexão est A norma compensado 50 kgf**
 Ident. Amostra: **> Espécie: Bambu Dendrocalamus Asper 1** Procedência: **Uninteressado: Mestrado Rodrigo Rocha_Pereira**

Corpo de Prova	Altura do CP (mm)	b (mm)	Força Máxima (kgf)	Tensão na Força máxima (kgf/cm ²)
CP 1	6,62	25,00	64,16	1194,65
CP 2	6,23	25,00	53,28	1120,12
CP 3	6,49	25,00	61,62	1193,70
CP 4	6,18	25,00	71,79	1533,86
CP 5	6,16	25,00	76,31	1641,09
CP 6	6,17	25,00	62,11	1331,34
CP 7	6,13	25,00	61,55	1336,49
CP 8	6,17	25,00	95,18	2040,17
CP 9	6,28	25,00	87,76	1815,81
CP 10	6,11	25,00	68,40	1495,07
CP 11	6,36	25,00	82,04	1654,96
CP 12	6,02	25,00	57,31	1290,32
CP 13	6,26	25,00	79,00	1644,99
Número CPs	13	13	13	13
Média	6,245	25,00	70,81	1484
Desv.Padrão	0,1634	0,0000	12,55	271,5
Coef.Var.(%)	2,616	0,0000	17,73	18,30
Mínimo	6,020	25,00	53,28	1120
Máximo	6,620	25,00	95,18	2040



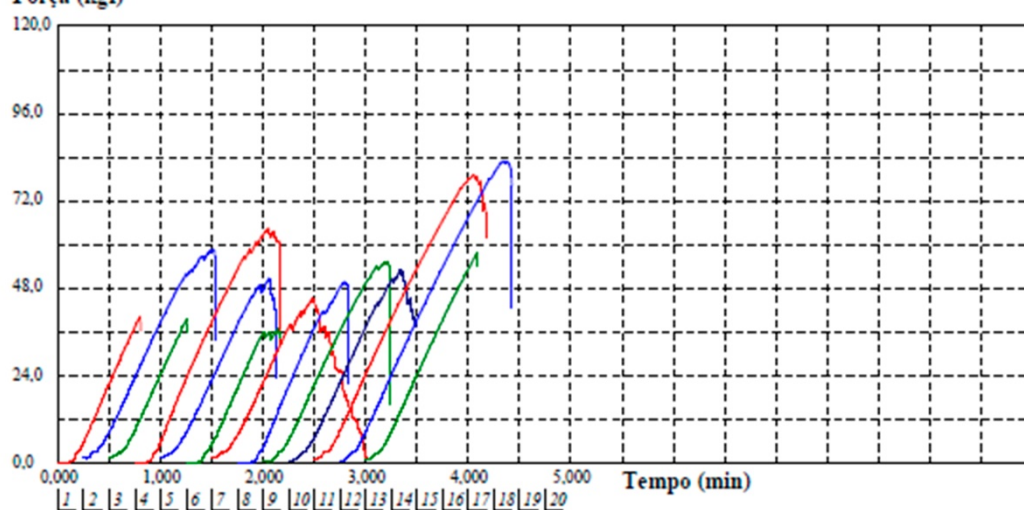
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru - Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

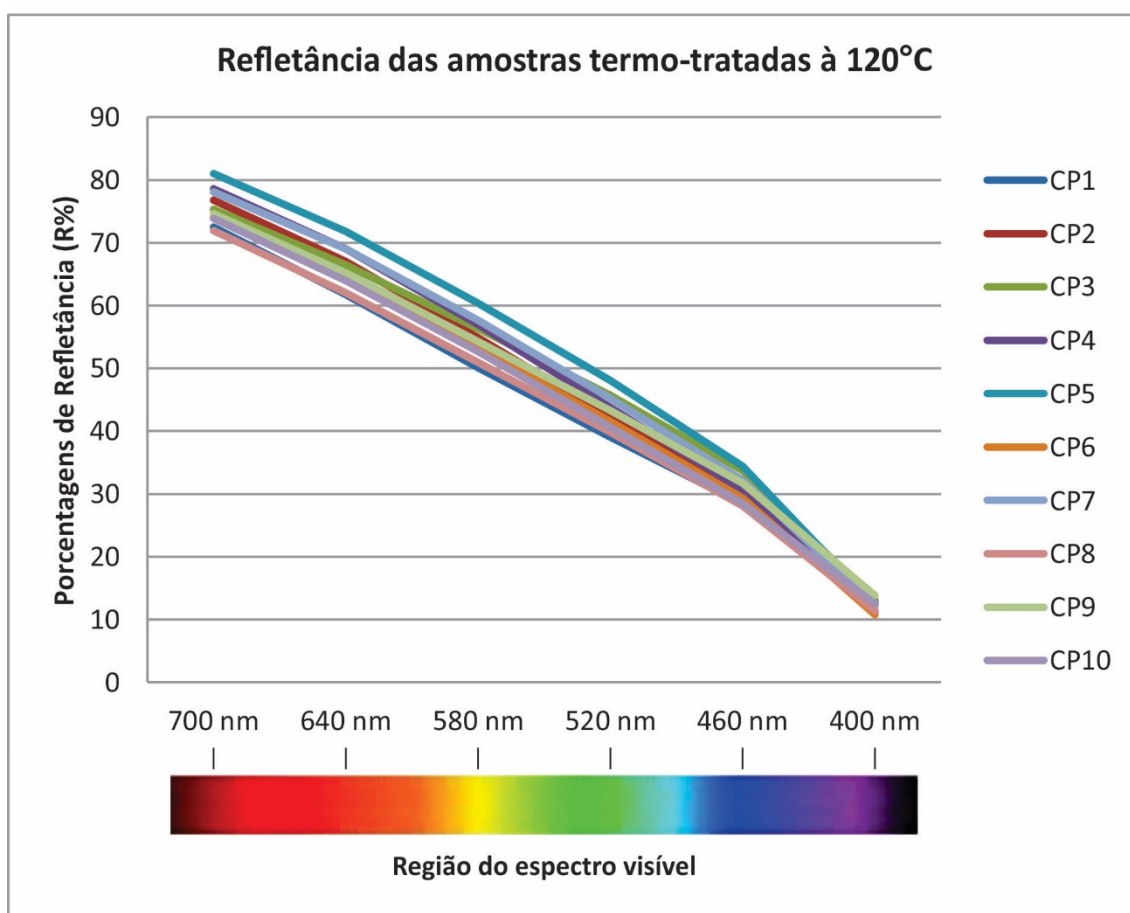
Máquina: **Emic DL3000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **31/01/2018** Hora: **11:31:08** Trabalho n° **3168**
Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **bambu flexão est A norma compensado 50 kgf**
Ident. Amostra: > Espécie: **Bambu Dendrocalamus Asper 2**(Procedência: **Uninteressado: Mestrado Rodrigo Rocha_Pereira**

Corpo de Prova	Altura do CP (mm)	b (mm)	Força Máxima (kgf)	Tensão na Força máxima (kgf/cm ²)
CP 1	6,02	25,00	40,35	908,47
CP 2	6,28	25,00	58,65	1213,47
CP 3	6,37	25,00	39,57	795,75
CP 4	6,23	25,00	64,37	1353,35
CP 5	6,69	25,00	50,73	925,00
CP 6	6,59	25,00	36,96	694,38
CP 7	6,63	25,00	45,22	839,50
CP 8	6,33	25,00	49,82	1014,50
CP 9	6,79	25,00	55,47	981,75
CP 10	6,73	25,00	53,28	959,87
CP 11	6,30	25,00	79,28	1629,97
CP 12	6,68	25,00	82,89	1515,70
CP 13	6,07	25,00	57,73	1278,54
Número CPs	13	13	13	13
Média	6,439	25,00	54,95	1085
Desv.Padrão	0,2590	0,0000	14,14	287,7
Coef.Var.(%)	4,022	0,0000	25,73	26,50
Mínimo	6,020	25,00	36,96	694,4
Máximo	6,790	25,00	82,89	1630

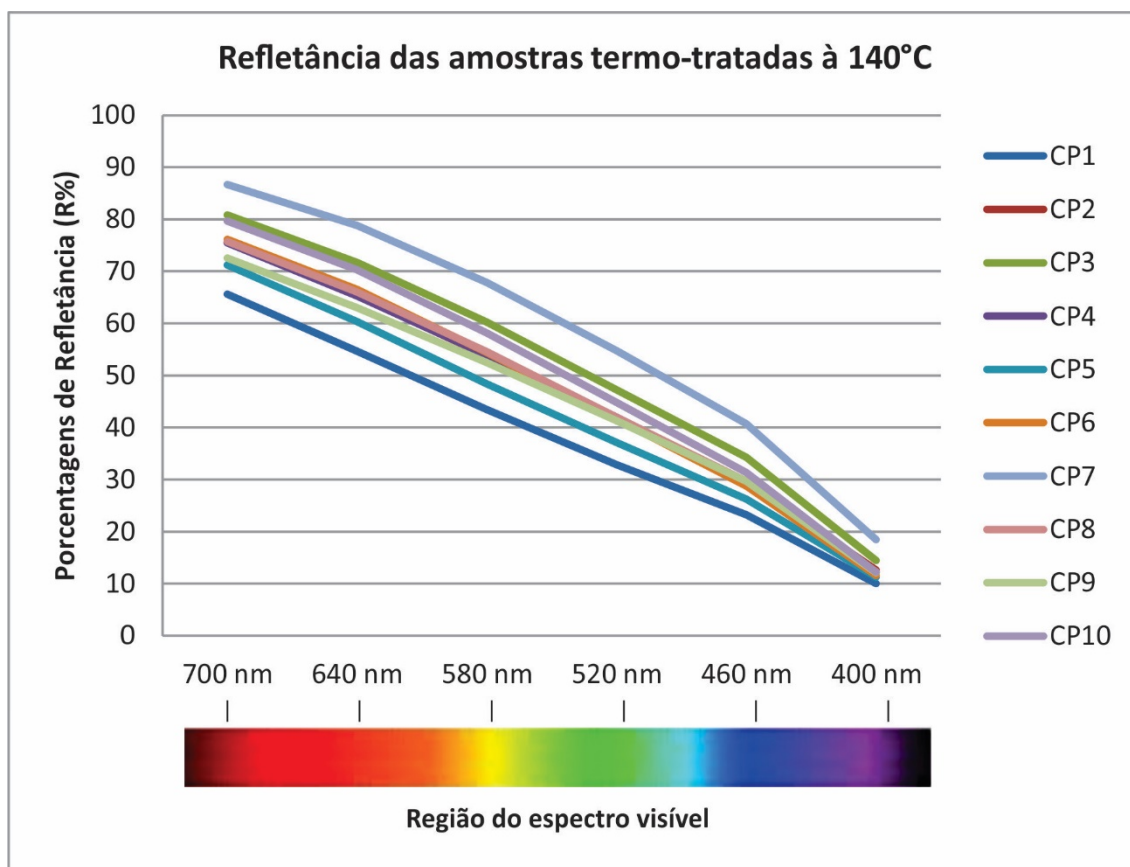
Força (kgf)



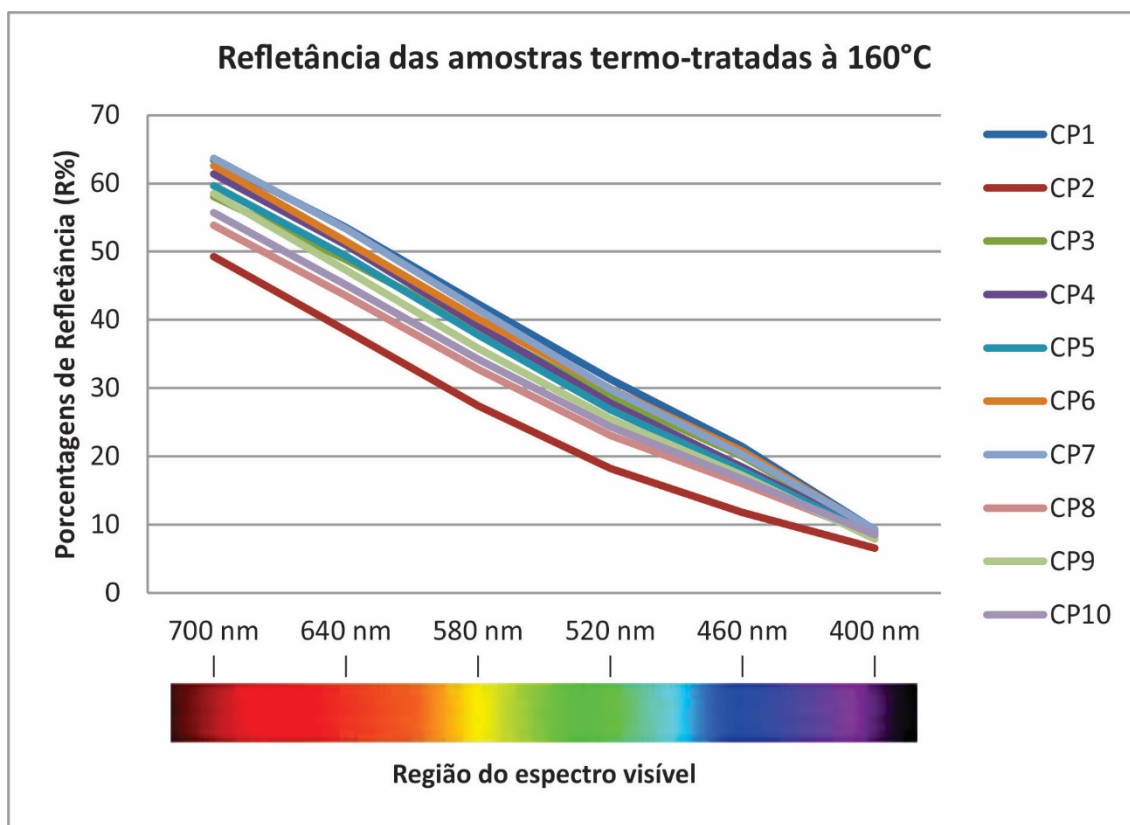
APÊNDICE D – Valores de Refletância (R%) obtidos em espectrofotômetro



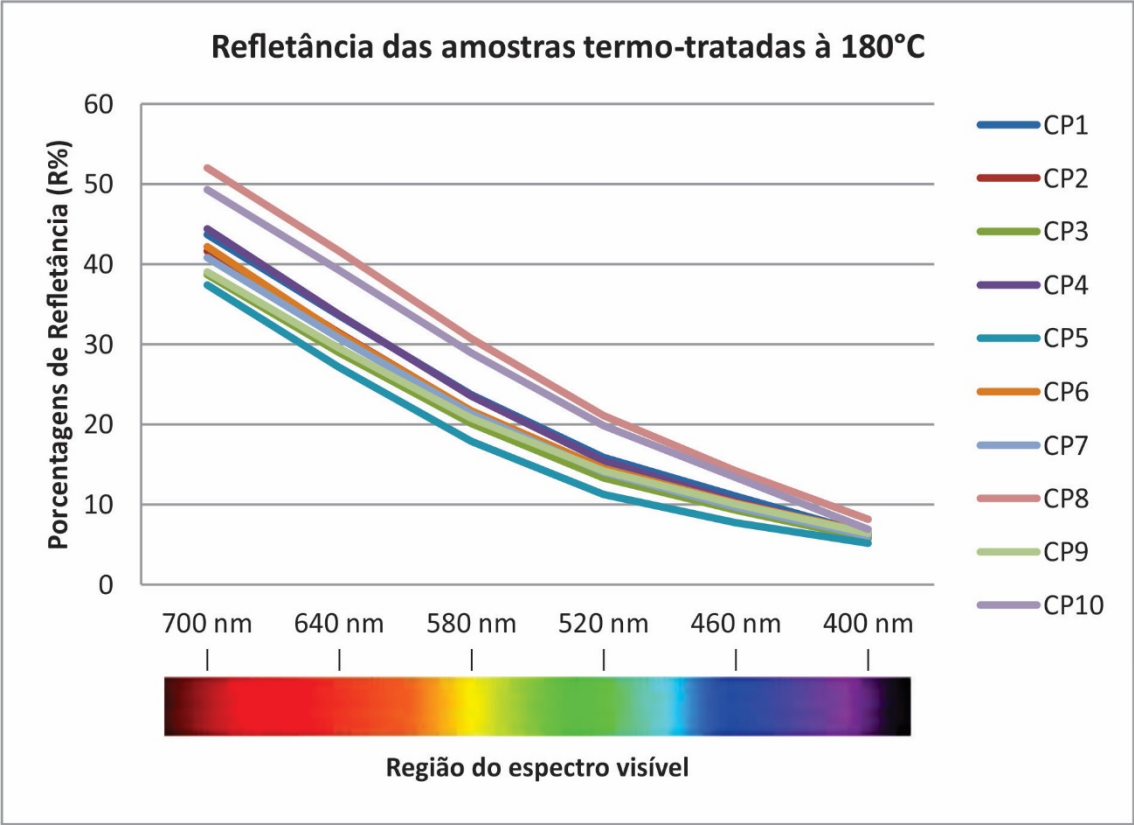
VALORES DE REFLETÂNCIA (R%) AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 120°C										
Região do Espectro Visível	corpos de prova									
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
700 nm	72,51	76,79	75,34	78,58	81,01	74,06	78,07	71,96	74,66	73,84
640 nm	61,73	67,01	66,46	69,02	71,78	64,57	69,04	62	65,2	63,98
580 nm	50,08	54,89	56,36	56,92	60,32	53,31	57,65	50,94	54,27	52,63
520 nm	39,07	42,25	45,73	43,77	48,05	41,58	45,25	39,81	43,28	40,68
460 nm	28,47	30,05	33,73	30,63	34,42	29,36	32,17	28,1	31,72	28,55
400 nm	12,98	12,56	12,88	11,28	12,31	10,74	12,2	11,39	13,8	12,52



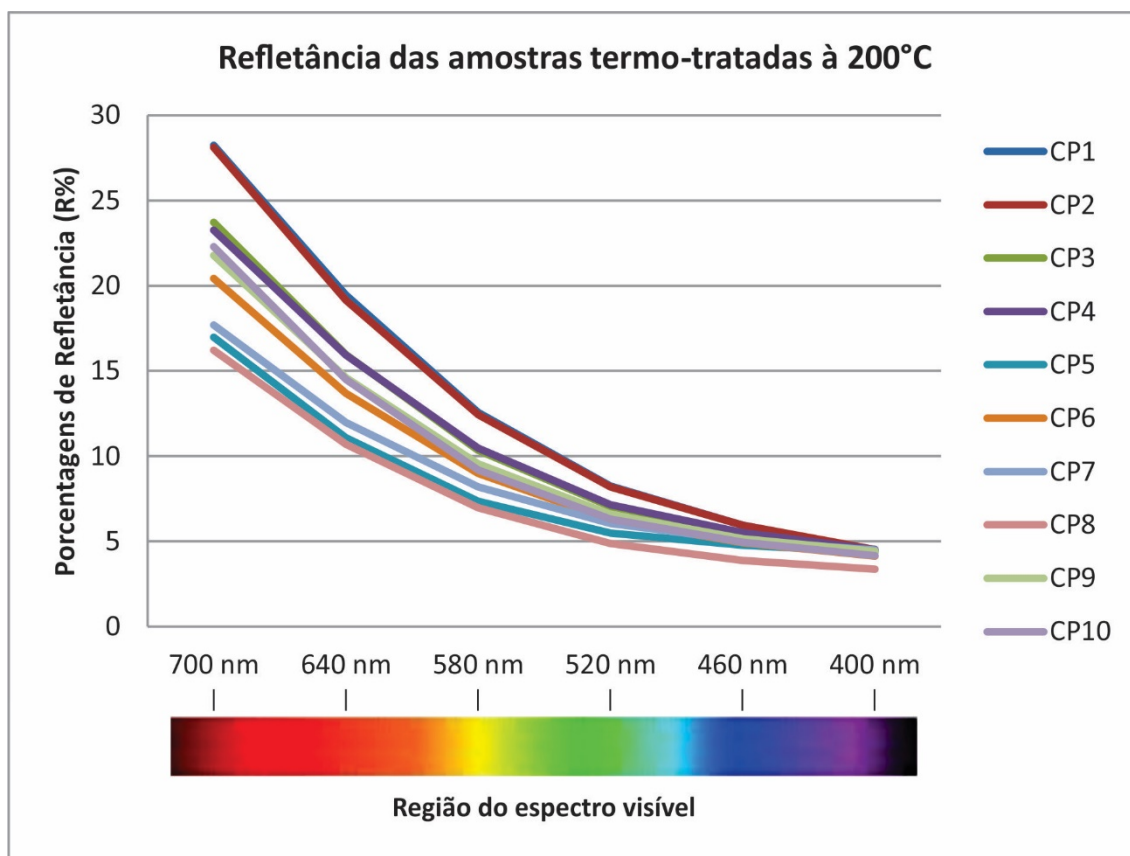
VALORES DE REFLETÂNCIA (R%) AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 140°C										
Região do Espectro Visível	corpos de prova									
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
700 nm	65,58	75,57	80,79	75,45	71,24	76,14	86,65	75,7	72,58	79,66
640 nm	54,67	65,48	71,7	65,31	60,37	66,49	78,78	66,07	63,03	70,31
580 nm	43,49	53,81	60,27	53,88	48,41	54,42	67,84	54,62	52,46	58,15
520 nm	32,84	41,54	47,24	41,96	37,09	41,63	54,78	41,96	41,28	44,79
460 nm	23,24	29,55	34,26	29,32	26,23	28,72	40,72	29,68	29,7	31,36
400 nm	10,03	12,59	14,47	12,16	11,31	11,65	18,46	12,26	12,15	12,17



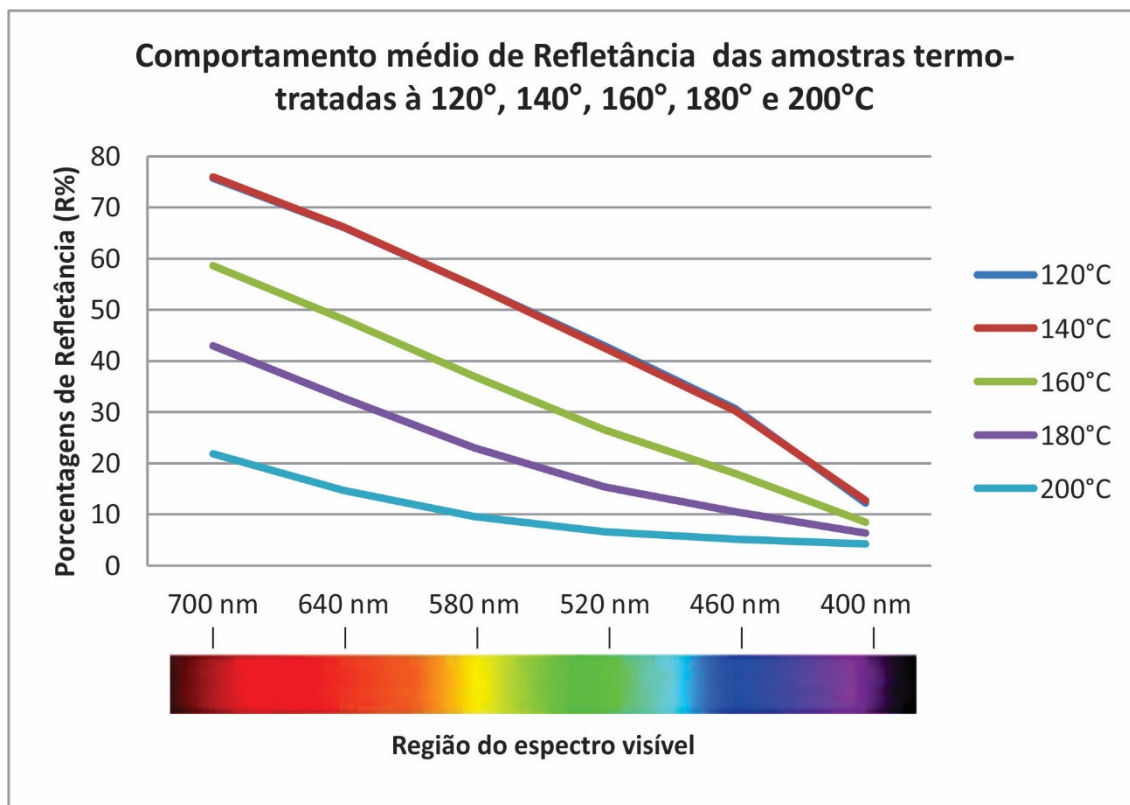
VALORES DE REFLETÂNCIA (R%) AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 160°C										
Região do Espectro Visível	corpos de prova									
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
700 nm	63,43	49,27	58,03	61,37	59,64	62,56	63,69	53,88	58,5	55,69
640 nm	53,52	38,4	48,83	50,98	49,32	51,52	53,36	43,55	47,31	45,12
580 nm	42,32	27,41	38,73	39,14	37,76	40,16	41,49	32,76	35,78	34,23
520 nm	31,25	18,18	28,75	27,77	26,8	29,87	29,81	23,05	25,45	24,31
460 nm	21,39	11,76	19,97	18,4	17,87	20,76	20,24	15,95	17,19	16,69
400 nm	9,19	6,54	8,95	8,67	8,39	9,16	9,26	8,48	7,88	8,51



VALORES DE REFLETÂNCIA (R%) AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 180°C										
Região do Espectro Visível	corpos de prova									
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
700 nm	43,72	41,64	38,71	44,44	37,4	42,17	40,82	52,04	39,06	49,29
640 nm	33,62	31,45	29	33,73	27,13	31,35	30,78	41,63	29,54	39,24
580 nm	23,74	21,64	20,11	23,53	17,89	21,73	21,4	30,72	20,78	28,91
520 nm	15,9	14,01	13,32	15,47	11,28	14,53	14,04	21,1	14,18	19,84
460 nm	11,03	9,47	9,32	10,46	7,75	10,18	9,7	14,18	10,09	13,37
400 nm	6,39	5,84	5,79	6,24	5,17	6,56	6,1	8,15	6,46	6,94



VALORES DE REFLETÂNCIA (R%) AMOSTRAS TERMO-TRATADAS À 200°C										
Região do Espectro Visível	corpos de prova									
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
700 nm	28,24	28,1	23,71	23,25	16,97	20,43	17,7	16,2	21,77	22,28
640 nm	19,46	19,15	15,95	15,94	11,07	13,68	11,98	10,7	14,61	14,51
580 nm	12,55	12,44	10,33	10,47	7,35	8,98	8,19	6,98	9,56	9,19
520 nm	8,24	8,2	7,06	7,14	5,5	6,27	6,06	4,87	6,6	6,3
460 nm	5,95	5,96	5,45	5,53	4,77	4,93	5,07	3,88	5,16	4,95
400 nm	4,48	4,52	4,41	4,52	4,38	4,14	4,51	3,37	4,43	4,16



REFLETÂNCIA MÉDIA (R%) POR TEMPERATURA					
Região do Espectro Visível	temperatura de tratamento				
	120°C	140°C	160°C	180°C	200°C
700 nm	75,682	75,936	58,606	42,929	21,865
640 nm	66,079	66,221	48,191	32,747	14,705
580 nm	54,737	54,735	36,978	23,045	9,604
520 nm	42,947	42,511	26,524	15,367	6,624
460 nm	30,72	30,278	18,022	10,555	5,165
400 nm	12,266	12,725	8,503	6,364	4,292