

Bambu: alternativa sustentável na redução do uso da madeira para a produção de estruturas e artefatos

Bamboo: sustainable alternative in reducing the use of wood for the production of structures and artifacts

Sessão Temática: Ambiente construído, tecnologia e sustentabilidade

CARNEIRO, Rodrigo Rocha; Mestre; UNESP - Universidade Estadual Paulista

rodrigo.carneiro@unesp.br

PEREIRA, Marco A. dos Reis; Prof. Doutor; UNESP - Universidade Estadual Paulista

marco-antonio.pereira@unesp.br

Resumo

Com a escassez de recursos naturais e a demanda por soluções sustentáveis na fabricação de produtos e ambientes construídos, o bambu revela-se como alternativa eficaz na redução do uso da madeira, principalmente àquelas oriundas de florestas tropicais. Sua versatilidade, produtividade, propriedades físico-mecânicas e estética já foram comprovadas em diversas pesquisas, sendo possível encontrar no mundo todo excelentes exemplos de sua aplicação. No Brasil esse material ainda é pouco explorado comercialmente, tendo o seu uso reduzido às aplicações secundárias no campo e à produção de utensílios de baixo valor agregado. O presente artigo pretende apresentar experiências contemporâneas que desmistifiquem ideias pré-estabelecidas acerca do bambu e despertem o interesse da comunidade acadêmica e empresarial na aplicação e difusão de metodologias de uso desta gramínea lenhosa como potencial matéria-prima sustentável no projeto em arquitetura e design.

Palavras-chave: bambu, ecodesign, sustentabilidade.

Abstract

With the scarcity of natural resources and the demand for sustainable solutions in the manufacture of products and built environments, bamboo proves to be an effective alternative in reducing the use of wood, especially those from tropical forests. Its versatility, productivity, physical-mechanical and aesthetic properties have already been proven in several researches, and it is possible to find excellent examples of its application all over the world. In Brazil, this

material is still little explored commercially, having its use reduced to secondary applications in the field and the production of low value-added utensils. This article aims to present contemporary experiences that demystify pre-established ideas about bamboo and arouse the interest of the academic and business community in the application and dissemination of methodologies for the use of this woody grass as a potential sustainable raw material in architectural and design projects.

Keywords: bamboo, ecodesign, sustainability.

1. Introdução

O aumento da produção industrial alterou mais e em menor tempo a cultura de consumo de produtos, no entanto, os padrões adotados atualmente nos levam a reconhecer a inviabilidade da exploração dos recursos naturais (GUIMARÃES, 2009). 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 mais alarmantes.

Há pelo menos cinco 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).

Com o intuito de contribuir para os estudos acerca do bambu e suas diversas aplicações na arquitetura e no design de artefatos, o presente artigo pretende apresentar por meio de experiências bem sucedidas argumentos que justifiquem o uso e desenvolvimento de metodologias de aplicação do bambu como um potencial substituto da madeira, colaborando com sua atratividade comercial ao permitir que o mesmo possa ser visto como matéria-prima competitiva e sustentável para o mercado.

2. O bambu e suas vantagens técnicas e ambientais

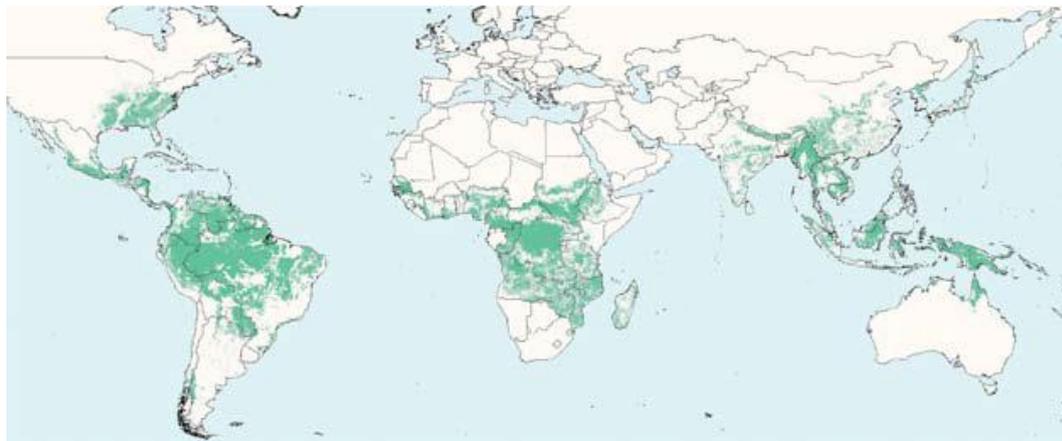
O bambu é uma gramínea lenhosa predominantemente tropical e que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, necessitando em média, de 3 a 6 meses para que o broto atinja sua altura máxima, de até 30 m, para espécies denominadas gigantes (Pereira e Beraldo, 2008). Segundo Kuehl, Henley e Yiping (2013) 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 dos colmos colhidos. A biomassa perdida é, geralmente, substituída dentro de um ano.

Além de ser um excelente sequestrador de carbono, o bambu possui ótimas características físicas, químicas e mecânicas podendo ser utilizado eficientemente em reflorestamentos, recuperação de matas ciliares, e regeneração ambiental. 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.

Kuehl, Henley e Yiping (2013) relatam que hoje existem cerca de 22 milhões de hectares de bambu no planeta (Figura 1), o que resulta em um sequestro de carbono de cerca de 727,08 tera-gramas.

Figura 1: Distribuição natural de bambu pelo planeta.



Fonte: Kuehl, Henley e Yiping (2011)

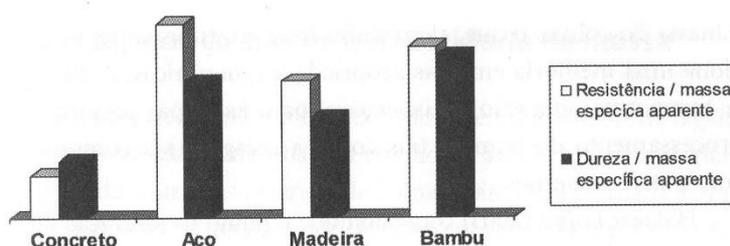
A capacidade de armazenamento de carbono pode ser estendida para os colmos maduros que passam pelo processo de colheita. A transformação destes colmos em produtos duráveis garante que o carbono seja bloqueado durante toda a vida útil do objeto. Desta forma, o bambu poderia ser utilizado para substituir 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).

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 como forma de geração de renda para comunidades agrícolas.

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: Janssen (2000) apud Pereira e Beraldo (2008)

Em 2011 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.

3. Bambu Laminado Colado (BLaC)

De todas as aplicações possíveis, esta talvez seja a 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 ao mesmo tempo que atende às expectativas e padrões de consumo vigentes. 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.

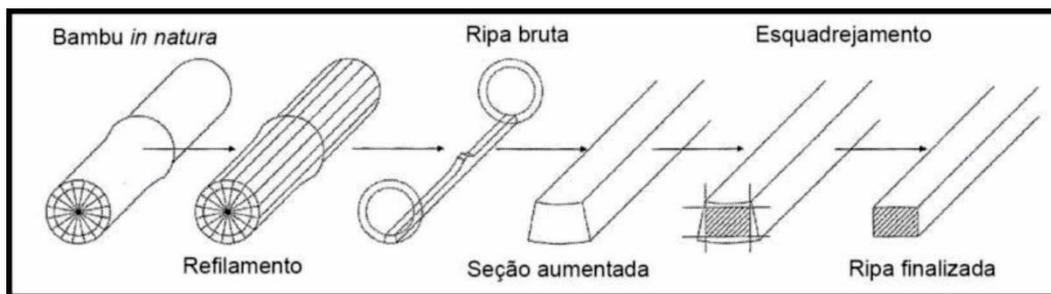
Na China são pesquisados e fabricados diversos produtos à base de bambu laminado, tais como: pisos, forros, lambris, móveis, chapas de tiras e laminados para assoalho, cortinas, chapas de aglomerado e chapas entrelaçadas como fôrmas de concreto (compensado de bambu), sendo que vários destes produtos 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 2). 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.

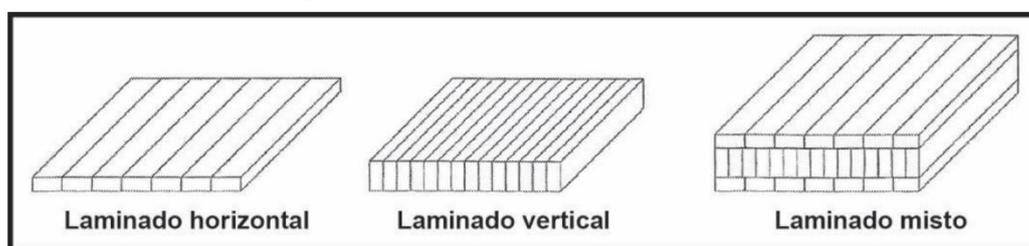
Figura 2: Etapas do processo de laminação do bambu.



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 refileamento e lixamento. Os tipos de básicos de colagem das lâminas de bambu para a obtenção de painéis de BLaC são apresentados na Figura 3.

Figura 3: 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 elevada do que a do bambu *in natura*, 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 4) 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 5).

Figura 4: Poltrona desenvolvida por Tejo Remy e René Veenhuizen.



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

Figura 5: Cadeira Bambu #5 e Mesa Jabuti. Designer Paulo Foggiao.



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>

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.

Outro estudo ainda pouco explorado sobre o BLaC 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 – como vernizes – para a obtenção de novos resultados estéticos (Figura 6).

Figura 6: 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

4. Construções com bambu

Segundo Padovan (2010) atualmente, em razão dos desmatamentos e da redução na oferta de madeiras, o bambu vem assumindo um novo valor no mercado dos materiais alternativos sustentáveis para construção civil. Sua utilização em edificações de uso simples, como casas populares, ou de alta tecnologia, como grandes estruturas de cobertura, requerem pesquisas como base de avaliação do material em seus diversos usos.

O método contemporâneo de construção com bambu é baseado nos métodos tradicionais, com acréscimo da tecnologia dos novos materiais e técnicas, fundamentadas em cálculos e normas científicas para construção civil, criadas e implantadas por profissionais como engenheiros e arquitetos.

As pesquisas científicas possibilitaram o acréscimo de novas tecnologias aos materiais tradicionais, que adquiriram novas características de uso, novos requisitos de resistência e de durabilidade, ampliando as possibilidades de utilização do bambu nas construções.

O centro cultural Max Feffer, na cidade de Pardinho, interior do Estado de São Paulo, é a maior edificação do Brasil com estrutura em bambu. Projetado pela arquiteta Leiko Motomura, inaugurado em 2008, consiste basicamente em uma estrutura de concreto armado de dois pavimentos, com estrutura de cobertura de colmos inteiros de bambu, de aproximadamente 800 m², apoiados em pilares e vigas de eucalipto, que se desenvolvem independentes da estrutura de concreto do prédio (Figura 7), mas também é possível apreciar outras experiências bem sucedidas ao redor do mundo, como o Aeroporto Baraja em Madri, Espanha (Figura 8) ou experiências bem sucedidas de habitações populares que por meio da utilização do bambu aliado às técnicas modernas de projeto em construção, a fim de diminuir com considerável custo-benefício o déficit habitacional (Figura 9).

Figura 7: Estrutura de bambu. Centro Cultural Max Feffer – Pardiniho/SP.



Fonte: disponível em <https://centromaxfeffer.org.br/edital-max-2021/>

Figura 8: Forro em bambu. Aeroporto Baraja de Madri, Espanha.



Fonte: Hoepers (2007)

Figura 9: Residências do Projeto Nacional de Bambu



Fonte: Funbambu (1992)

Entre os exemplos de programas de habitação popular cita-se o Projeto Nacional de Bambu, na Costa Rica. Patrocinado pelas Nações Unidas, iniciou-se em 1986, sob a direção da arquiteta Ana Cecília Chaves, com a construção de 400 unidades habitacionais com área de 45 m², construídas com painéis pré-fabricados de madeira, com estrutura interna de colmos de bambu inteiros e fechamento duplo de ripas de bambu, revestidas com argamassa de cimento e areia em ambos os lados da parede. Realizada a primeira etapa e comprovada a viabilidade deste material para as comunidades, a demanda foi aumentada para 1.500 casas por ano (CARDOSO JR., 2000).

Pesquisas realizadas na Costa Rica indicam que 98% dos consumidores de habitação em bambu consideram que suas casas são de igual ou melhor qualidade em comparação com as construídas com outros materiais. Quando questionados sobre o preço e vida útil, 100% dos consumidores relataram que era de menor preço, com igual ou maior vida útil. E, ainda, 100% dos consumidores acreditam que a casa tem a mesma aparência ou ainda melhor que as casas convencionais (ADAMSON; LOPÉZ, 2001, citado por DANTAS et al., 2005).

5. Considerações finais

Ao considerarmos o contexto atual de escassez de recursos madeiros, bem como os aspectos negativos de sua extração e consumo, considera-se que a indústria vislumbra uma crise que pode se agravar, não apenas por um possível esgotamento florestal, mas também pela pressão crescente de um mercado cada vez mais restritivo quanto a origem das madeiras que hoje são destinadas à fabricação de bens consumo, seja para a arquitetura ou para o design de produtos. Ao se discutir sustentabilidade faz-se necessário considerar as outras dimensões que cercam o termo e, neste caso, as dimensões sociais e econômicas devem também ser contempladas.

Neste contexto o bambu entra como um potencial recurso alternativo à madeira, uma vez que sua cultura mitiga demandas ambientais urgentes, como os altos índices de emissão de carbono. Além de ser comprovadamente mais produtivo que as madeiras hoje utilizadas na arquitetura e design, o bambu possui uma grande capacidade social e econômica, uma vez que trata-se de um bem acessível, de fácil manejo e de baixo custo podendo ser utilizado como fonte de renda em comunidades rurais.

Apesar de o seu uso ser histórico e remontar séculos, experiências mais recentes com o bambu mostraram que é possível ir além. Ao aliarmos a tradição popular com o conhecimento técnico-científico da contemporaneidade, é possível criar novos produtos a partir do bambu, como o BLaC, que esteticamente é como uma madeira possibilitando diversas aplicações sem alterar sobremaneira a cultura de consumo vigente que demanda um tipo de estética para certos produtos.

Por fim, apesar de o uso do bambu receber um incentivo recente no Brasil por meio do Decreto-Lei 12484/11, sua disseminação e uso necessitam da adesão de designers, arquitetos e indústria, já que os mesmos atuam como potenciais influenciadores do mercado, por meio de suas criações.

Referências:

- 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.
- CARDOSO JR., R. **Arquitetura com bambu.** 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- CARNEIRO, R. R. **O bambu laminado termo-tratado: metodologia aplicável na obtenção de novas tonalidades para o desenvolvimento de móveis sustentáveis.** 2019. 104f. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2019.
- 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.
- DANTAS, A. B.; MILITO, C. M.; LUSTOSA, M. C. J.; TONHOLO, J. **O uso do bambu na construção do desenvolvimento sustentável.** Maceió: Instituto do Bambu, 2005.
- FUNBAMBU. Fundación del Bambu. **Bambusetum.** Boletim Informativo. Costa Rica, 1992.
- GUIMARÃES, L. B. de M. **Design e sustentabilidade: Brasil: produção e consumo, design sociotécnico.** Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2009.

HOEPERS, C. E. **Aeroporto de Madri**. 2007. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/ehoepers/1187535367/>>. Acesso em: 19 out. 2009.

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)

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.

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

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.

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.; 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.

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.

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

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