São Paulo 2015

Mirella Nass Ruggiero

**O bambu e a construção da arquitetura contemporânea :
um olhar às obras no Brasil**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Mirella Nass Ruggiero

**O bambu e a construção da arquitetura contemporânea:
um olhar às obras no Brasil**

SÃO PAULO
2015

Mirella Nass Ruggiero

**O bambu e a construção da arquitetura contemporânea:
um olhar às obras no Brasil**

Dissertação apresentada
à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre
pelo curso de Pós-Graduação
em Arquitetura e Urbanismo

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Barros Sawaya

Área de Concentração: Projeto de Arquitetura
Linha de pesquisa: Produção da Arquitetura

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB
RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR.

O original se encontra disponível na sede do programa.

São Paulo, 21 de julho de 2015.

**SÃO PAULO
2015**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ruggiero, Mirella Nass

R931b O bambu e a construção da arquitetura contemporânea: um
olhar às obras no Brasil / Mirella Nass Ruggiero. -- São Paulo, 2015.
295 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Projeto de
Arquitetura) - FAUUSP.

Orientador: Sylvio Barros Sawaya

1.Bambu 2.Sustentabilidade 3.Sistemas e processos construtivos

I.Título

CDU 69.057

E-MAIL DA AUTORA: mirella.n.r@gmail.com

*Nunca desencoraje ninguém que
continuamente faz progresso,
não importa quão devagar.*
Platão

À Mirian,
Ao Marcio,
Ao Marcello,
Tack.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha família e ao bambu por esta oportunidade.

Manifesto meu agradecimento ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e aos professores, colegas e funcionários.

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Inicialmente, ao Prof. Sylvio Barros Sawaya, na qualidade de professor orientador, pelo apoio e confiança ao longo destes anos.

Agradeço às contribuições e apoio recebidos do Prof. Dr. Artur Simões Rozestraten e do Prof. Dr. Reginaldo Luiz Nunes Ronconi, bem como a oportunidade de aprendizado durante as monitorias e às participações na banca de qualificação.

Agradeço aos Professores Doutores: Antonio Ludovico Beraldo, Francisco Spadoni, Julio Katinsky, Luiz Américo de Souza Munari, Rodrigo Queiroz e demais professores das disciplinas cursadas na pós-graduação e nas disciplinas de monitoria na graduação.

Agradeço aos arquitetos e construtores que contribuíram com as entrevistas realizadas: Bruno Azevedo, Celina Llerena, Claudio Maia, Eliézio Souza, Francisco Lima, Guilherme Korte, Gustavo Queiroz, Hiroaki Akiyama, Kengo Kuma, Leiko Hama Motomura, Murilo Marconde, Nic Geeraert, Nick Lin, Ricardo Pereira, Tomaz Lotufo, Sven Mouton e Ya-Yin Lin.

Agradeço aos funcionários das bibliotecas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, particularmente à Rejane Alves, e da Escola de Comunicação e Artes, especialmente ao Walber Lustosa.

Meus agradecimentos aos amigos das disciplinas cursadas: Angela Silva, Catalina Ramírez Aristizábal, César da Costa, Eleonora Lins, Iberê Campos, Leonardo Maia, George Ferreira, Luciane Guzman, Luis Carli, Márcia Sato, Marcus Damon, Sergio Cassino, Virginia Magliano e, especialmente, ao Artur Vasconcelos Cordeiro. Agradeço ao grupo do Laboratório de Culturas Construtivas [LCC]: Carlos Guerra, Francisco Barros, Juliano Fernandes, Joan Font, Marina Neco, Paula Nóia, Tomaz Lotufo e aos professores Érica Yoshioka e Reginaldo Ronconi.

Sou grata ao Dr. André Tsai.

Agradeço ao Marcello Nass Ruggiero pela elaboração das capas contidas neste trabalho.

Agradeço imensamente aos meus pais Mirian e Marcio e ao meu irmão Marcello, ao Tack Ragnar, pelo incentivo, dedicação, amor e apoio; sem os quais este trabalho não seria possível.

No caráter, na conduta, no estilo, em todas as coisas, a simplicidade é a suprema virtude.

Henry Wadsworth Longfellow

RESUMO

A proposta deste estudo é demonstrar a possibilidade de utilização do bambu, como material construtivo, na arquitetura contemporânea. Com intuito de referenciá-las, pauta-se em alguns exemplos, compreendidos entre 1995 e 2014, no Brasil e no exterior, abordando aspectos técnicos específicos inerentes à sua aplicação e traçando um panorama atual do seu emprego.

O critério de seleção, das obras apresentadas, deu-se em função da relevância do papel estrutural desempenhado pelo bambu. A pesquisa concentrou-se, principalmente, na produção arquitetônica no Brasil, com enfoque às obras presentes, e visitadas, no Estado de São Paulo. Também foram abordadas obras, no Brasil, não visitadas, mas cujas contribuições são significativas em relação ao emprego do bambu. Os exemplos internacionais selecionados, referenciam a produção contemporânea, demonstrando as diferentes formas de aplicação deste material, intrínsecas às culturas e contextos aos quais estão inseridos, procurando traçar um panorama atual de seu uso e possíveis desdobramentos.

Pretende-se, com este estudo, contribuir com a divulgação e disseminação das possibilidades de utilização do bambu, colaborando com a mudança de paradigma em relação ao seu emprego na arquitetura e, com isso, delinear a contribuição do bambu para a construção da arquitetura contemporânea.

Palavras-chave: 1.Bambu 2.Sustentabilidade 3.Sistemas e processos construtivos

ABSTRACT

RUGGIERO, Mirella Nass. **The Bamboo and the construction of contemporary architecture: a view about buildings in Brazil.** 2015. 295p. Dissertation (Master). Faculty of Architecture and Urbanism, University of São Paulo, São Paulo, 2015.

The purpose of this study is to demonstrate the possibility of using bamboo as a building material, in contemporary architecture. Seeking to reference them, is guided in some instances, between 1995 and 2014, in Brazil and abroad, addressing specific technical aspects of its implementation and drawing a current overview of their employment.

The selection criteria, of the buildings presented, took place in function of the relevance of the structural role of bamboo. The research focused mainly on the architectural production in Brazil, with a focus in buildings, that were visited at the State of São Paulo. Buildings were also dealt, in Brazil, not visited, but whose contributions are significant in relations to the bamboo employment. The selected international examples, refer to contemporary production, demonstrating the different forms of application of this material, inherent in cultures and contexts to which they belong, looking out a current view of their use and possible developments.

The intention of this study is contribute to the disclosure and dissemination of bamboo usage possibilities, collaborating with the paradigm shift in relation to its use in architecture and, therefore, outline the bamboo contribution to the building of contemporary architecture.

Keywords: 1.Bamboo 2. Sustainability 3. Systems and buildings processes

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	Página 01
1.1 Considerações iniciais	Página 03
2. BAMBU	Página 06
2.1 Origem	Página 06
2.2 Colmos	Página 07
2.3 Rizomas	Página 09
2.4 Características anatômicas	Página 11
2.5 Características físicas.....	Página 12
2.6 Características mecânicas	Página 13
2.7 Características químicas	Página 14
2.8 Considerações gerais	Página 14
2.9 Distribuição mundial das espécies	Página 15
2.10 Espécies nativas brasileiras.....	Página 18
2.11 Espécies utilizadas na construção civil	Página 23
2.12 Cultivo	Página 30

2.13 Colheita	Página 30
2.14 Secagem	Página 31
2.15 Preservação	Página 34
2.16 Tratamentos naturais	Página 34
2.16 Tratamentos químicos	Página 36
2.17 Produção atual no Brasil	Página 41

3. MATERIAIS COMPÓSITOS E BAMBU LAMINADO

3.1 Materiais compósitos	Página 46
3.1.1 Concreto reforçado com bambu [bambucreto]	Página 47
3.1.2 Biokreto: blocos vazados e telhas onduladas	Página 48
3.1.3 Placas cerâmicas armadas com bambu	Página 49
3.2 Bambu laminado colado - BLC	Página 51
3.3 Considerações	Página 52

4. AMARRAÇÕES, ENCAIXES E CONEXÕES METÁLICAS

4.1 Amarrações	Página 55
4. 2 Encaixes	Página 59
4. 3 Conexões metálicas	Página 67

5. OBRAS SELECIONADAS Página 71

5.1 Obras visitadas [no Brasil]

5.1.1 Amana Key Página 75

5.1.2 Centro Comunitário de Cambury Página 86

5.1.3 Casa do Artesão de Piracaia..... Página 96

5.1.4 Centro de Cultura Max FefferPágina 103

5.1.5 CES Alphaville Página 121

5.1.6 Pavilhão Mairiporã Página 132

5.1.7 Residência PiracaiaPágina 145

5.2 Obras visitadas [no exterior]

5.2.1 Aeroporto Barajas Página 153

5.2.2 Residência GentPágina 156

5.2.3 WBC 2012 Página 165

5.2.4 Pavilhão Portugal Página 170

5.3 Obras não visitadas [no Brasil]

5.3.1 Residência Tarumã Página 175

5.3.2 Residência Serra Grande..... Página 184

5.3.3 Restaurante Casa BelaPágina 191

5.3.4 Galpões muti-usoPágina 194

5.3.5 Espaço Oca SomaPágina 198

5.3.6 Viveiro Sabor da Fazenda Página 207

6. PANORAMA NO BRASIL Página 213

7. PANORAMA INTERNACIONALPágina 226

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS Página 241

9. ANEXO KENGO KUMA Página 261

10. ANEXO PANYADEN SCHOOL Página 273

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... Página 292

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa aborda especificamente a utilização do bambu como material construtivo na arquitetura contemporânea.

Inicialmente serão apresentados aspectos referentes à espécie vegetal e suas características. Como o enfoque deste estudo está na arquitetura contemporânea, no Brasil, serão citadas espécies nativas brasileiras e serão mostradas espécies adequadas à utilização na construção civil.

Um breve panorama da produção atual no Brasil será abordado, bem como os tratamentos preventivos para sua utilização como elemento construtivo.

A pesquisa concentra-se na sua utilização na forma natural [cilíndrica], porém serão citadas opções de seu emprego na forma de materiais compósitos, ou seja, o bambu processado e agregado a outros materiais. Ainda seguindo a coerência do recorte adotado para a pesquisa, serão demonstradas algumas formas de encaixes e conexões mais usuais.

Adentrando no tema específico, serão apresentadas as obras arquitetônicas visitadas no Estado de São Paulo; posteriormente são

abordadas algumas obras, no Brasil, que apesar de não terem sido vivenciadas, representam contribuições significativas à compreensão do emprego do bambu como elemento estrutural. Serão mostradas, cronologicamente, algumas obras construídas no Brasil, entre 1999 e 2014. O critério de seleção adotado foi a utilização do bambu como elemento estrutural. Possivelmente outras obras que se enquadrariam nesta premissa, não foram incorporadas nesta pesquisa, demonstrando um possível desdobramento deste trabalho. Houve a oportunidade de visitar quatro obras no exterior, que serão apresentadas no intuito de aprofundar as possibilidades de utilização, contextualizando a produção brasileira, no panorama atual. Posteriormente, serão expostos exemplos de obras internacionais, compreendidas entre 1995 e 2014, com o propósito de referenciar a produção contemporânea permeada pelas culturas e contextos intrínsecos aos quais estão inseridas.

A discussão proposta tem uma abordagem mais técnica, específica às condicionantes de utilização do bambu, refletindo sobre os

exemplos visitados e analisados. Abrangendo um viés mais sensível, procura resgatar e relacionar valores inerentes à arquitetura, propondo a retomada do contato com a natureza e da utilização de materiais naturais na arquitetura contemporânea.

Vindo ao encontro a estas questões, compreendida no Anexo, uma entrevista concedida pelo arquiteto japonês Kengo Kuma, onde ele fala da sua relação com o bambu “*The Skin of Bamboo, The Spirit of Bamboo*”.

O segundo Anexo, aborda a experiência construtiva da *Panyaden School*, na Tailândia, cuja forma de utilização do bambu demonstra novas possibilidades.

Pretende-se, portanto, contribuir com a divulgação e disseminação das possibilidades de utilização do bambu na arquitetura, promovendo uma mudança de paradigma em relação a este material. Muitas vezes sua utilização não é considerada adequada, apenas pelo fato de suas características e possibilidades não serem conhecidas e nem divulgadas. Aparentemente, ao emprego dos materiais naturais está atrelada uma concepção, arraigada ao imaginário coletivo, de que os elementos naturais não são tão resistentes e harmoniosos o suficiente quanto os materiais

industrializados, vinculados a uma atmosfera de tecnologia e modernidade, muitas vezes, até mesmo relacionada ao status e impregnadas de pré-conceitos.

A presente pesquisa não é uma apologia ao uso exclusivo do bambu e demais materiais, relegando e negando outras formas de materiais e técnicas. O intuito é contribuir para que haja uma mudança de olhar em relação a ambos; analisar, perceber e sentir são condições que devem ser resgatadas em relação à nossa interação com a vida e com o meio ao qual estamos inseridos; e a arquitetura é parte integrante e influente destes aspectos. “A dinâmica reflexiva é própria da natureza de nossa área [da arquitetura]”.¹

¹Fala proferida pelo Prof. Dr. Artur Rozestraten, durante a disciplina de pós graduação, Representações: imaginário e tecnologia, na FAU/USP, em 2012.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“O uso do material natural na atualidade e suas perspectivas leva a se olhar para a obra de arquitetura de uma outra maneira. Não se trata apenas de considerar o objeto em si e a sua consecução construtiva; antes de mais nada é necessário compreender que este objeto abriga a vida e tem a ver com anseios, emoções, sensibilidade e o imaginário das pessoas que vão utilizá-lo e usufruí-lo. É necessário, também, entender que o objeto arquitetônico sempre estabelece um lugar onde está, no espaço onde está inserido, e que, portanto, há um exterior organizado, há uma transição [desse exterior para interior], e há um interior que é abrigo. A compreensão que envolve esta experiência de vida, faz com que a arquitetura não seja um objeto vazio, válido pela composição de seus elementos e sim que seja um lugar de vida e de expansão do viver. É nesse sentido, que a fenomenologia vem propor uma nova maneira de se olhar para o mundo, aceitando-o concretamente como ele se apresenta, sem qualquer mediação de abstrações, conceitos ou classificações. Apresenta-se a seguir um apanhado, que é uma síntese, do que se entende por fenomenologia, tendo em vista, sobretudo, compreender o material natural como um elemento importante na compreensão da vida e sua dinâmica nos espaços humanizados”.²

Neste estudo, pretende-se analisar o contexto atual, da utilização do bambu na arquitetura, presente em quase todos os continentes, permeando culturas e tradições, observando suas especificidades e singularidades; mas também percebendo suas semelhanças. “A espécie humana resolve alguns problemas da mesma maneira; reconhece-se no ato de construir. Constrói artificialmente”.³

Serão apresentadas soluções tão distintas para uma mesma situação; o mesmo material sendo empregado de inúmeras maneiras. Possibilidades que despertam e aguçam os sentidos, provocando sensações. Ritmo, cadência, leveza, movimento... A arquitetura em sua forma plena. Forma que atrai o olhar, que abriga o corpo e acolhe a alma. Sentido de proteção e lugar para a vida fluir.

Observar materiais, usos, proporções, situações. Analisar combinações, composições... Resgatar no arquiteto o artesão, cujo trabalho é resultado da mão aliada à imaginação.

² Observação proferida pelo arquiteto Sylvio Sawaya, a propósito de inserção da consideração fenomenológica na arquitetura.

³ Considerações proferidas pelo Prof. Dr. Jean-Jacques Wunenburger / Université Jean Moulin, Lyon 3 - durante o Mini-curso: Imaginário da Arquitetura - 2013 - FAU/USP

“O artesanato é a parte técnica da arte (...) é a única verdadeiramente pedagógica, que é o aprendizado do material com o que se faz a obra de arte (...). Este é o mais útil ensinamento, o que é mais prático e mais necessário. É imprescindível”.⁴ Há a necessidade de aliar técnicas ancestrais às novas tecnologias. Buscar o equilíbrio entre tradição e inovação. Trilhar o caminho do meio. Encontrar soluções e respostas aos anseios e necessidades. Explorando novas possibilidades. Reconhecer a importância da experimentação. Valorizar o natural, o belo e as boas sensações que nos despertam.

“Como arquitetos, nós não projetamos edifícios primordialmente como objetos físicos, mas como as imagens e os sentimentos das pessoas que os habitam. Por isso, o efeito da arquitetura nasce de imagens mais ou menos comuns e de sentimentos básicos associados ao construir. São esses sentimentos básicos que a fenomenologia analisa, e esta já se tornou também uma metodologia mais comum de examinar a arquitetura nos últimos anos. Filosofia associada principalmente aos nomes de Edmund Husserl e Martin Heidegger, a fenomenologia é de natureza introspectiva e contrasta com o desejo de objetividade do positivismo. A fenomenologia busca descrever os fenômenos recorrendo diretamente à

consciência como tal, sem teorias e categorias tiradas das ciências naturais ou da psicologia. Assim, a fenomenologia significa examinar um fenômeno da consciência em sua própria dimensão de consciência. Isso quer dizer, para usar um conceito de Husserl, “um puro olhar” para o fenômeno, ou “contemplar sua essência”. A fenomenologia é uma abordagem puramente teórica da pesquisa, no sentido original da palavra grega *theoria*, que significa exatamente “olhar, contemplar”. Logo, a fenomenologia da arquitetura é “olhar, contemplar” a arquitetura a partir da consciência que a vivencia, com o sentimento arquitetônico em oposição à análise das propriedades e proporções físicas da construção ou de um quadro de referência estilístico. A fenomenologia da arquitetura busca a linguagem interna da construção. Uma abordagem introspectiva da arte geralmente causa suspeita porque se acredita que ela carece de objetividade. Mas as pessoas parecem não exigir o mesmo tipo de objetividade na obra criativa do artista. Uma obra de arte é uma realidade somente quando se tem uma experiência dela e ter experiência de uma obra de arte significa recriar sua dimensão de sentimento”.⁵

⁴ Mario de Andrade, Texto para Aula inaugural dos cursos de Filosofia e História da Arte, do Instituto de Artes, Universidade do Distrito Federal em 1938.

“O caráter do lugar depende de como as coisas são feitas e é, por isso mesmo, determinado pela realização técnica (a ‘construção’). A palavra grega *téchne*, significa uma ‘re-velação’ criativa da verdade e pertence à *póesis*, isto é, ao ‘fazer’”.⁶ Vasto é o campo da linguagem e o desenho é uma de suas formas; a mais primitiva delas. E nossa linguagem é essencialmente visual, já dizia Artigas. O desenho é a imagem que representa uma ideia; é desígnio, destino. Simplesmente linhas; linhas estas que transbordam de significados, intenções. Pensamentos expressos por traços. O ato de desenhar é o gesto da alma. “O desenho representa a ideia daquele momento”.⁷ O instante eternizado. Neste aspecto assemelha-se à fotografia: a captura do momento presente, preciso. O registro daquele olhar particular, sobre determinado aspecto, a partir de um ângulo específico. E quantos olhares distintos para uma mesma figura. Percepções distintas de uma mesma cena. A riqueza da diversidade. Cada olhar carrega intrinsecamente uma bagagem, um contexto. “Os olhos são a janela da alma”, disse Da Vinci. Repertórios e emoções distintos, únicos, permeados de complexidades e, por vezes contradições, podem ser despertados por uma mesma imagem; a magia acontece e a alma é tocada.

Desenho ou fotografia, ambos são representações das intenções daquele por trás do lápis ou da lente. São registros repletos de significados; não estão ali por acaso. A fotografia é um recorte de um aspecto maior, um fragmento da imagem que contém em si a totalidade da obra. O desenho pode ser entendido como um complemento do que a fotografia não consegue captar; seria uma visão mais técnica e mais intrínseca da realidade que se quer representar. Ambos estão no campo do imaginário, enquanto intenção; e tornam-se reais a partir da perspectiva escolhida para representar o objeto em questão. Projetos impregnados de signos e significados serão apresentados. Poderemos adentrar na vastidão de outras culturas, sem sequer esquecermos, por um só instante, o traço que nos une. O desejo do abrigo, da proteção, da satisfação. A mesma intenção materializada de distintas formas.

⁵NESBITT, Kate (org) – *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Pallasmaa p.485]

⁶NESBITT, Kate (org) – *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Heidegger p.452]

⁷Fala proferida pelo Prof. Dr. Luiz Américo Munari, durante a disciplina de pós-graduação, Representações: imaginário e tecnologia, na FAUUSP, em 2012,

BAMBU

2. BAMBU

2.1 ORIGEM

A origem do bambu remonta ao período Cretáceo, anterior ao período Terciário, quando apareceram os primeiros seres humanos (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

O bambu pertence à família das gramíneas *Gramineae* (*Poaceae*), subfamília *Bambusoideae* (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). A família das gramíneas é uma das mais importantes para humanidade; dela fazem parte, também, o trigo, o milho, o arroz, a cana-de-açúcar e a grama.

A subfamília *Bambusoideae* [figura 1] ocorre naturalmente em quase todos os continentes, exceto Europa e Antártica; distribui-se entre 46° N e 47° S de latitude e altitudes que variam do nível do mar até 4.300m. Apresenta a seguinte distribuição: 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% são nativas das Américas e 4% são nativas da África e Oceania (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Figura 1: Mapa: distribuição mundial subfamília *Bambusoideae*.

Fonte: Disponível em: <<http://www.flaviodeslandes.com/bamboo.html>>. Acesso em: 07 Jan. 2015.

2.2.COLMOS

Fazendo uma analogia com as árvores, os troncos, nos bambus são denominados colmos.

Os colmos de bambu geralmente são ocos [uma das exceções é o gênero *Chusquea*] e apresentam forma cilíndrica. Têm como característica a presença 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; como pode ser observado na figura 2 (PEREIRA; BERALDO, 2007).

Os diafragmas fornecem maior rigidez e resistência aos colmos, permitindo suportar a ação do vento e do peso próprio. O bambu é constituído de um tecido resistente, que é um tipo de compósito natural lignocelulósico, de baixa massa específica aparente, porém de elevada resistência mecânica (PEREIRA; BERALDO, 2007).

O conjunto fibras-vaso é responsável pela resistência mecânica, enquanto a matriz, constituída por células de parênquima, fornece a flexibilidade ao conjunto (BERALDO et al., 2003).

Figura 2: Secção longitudinal do colmo.

Fonte: FREIRE, W. J; BERALDO, A. L. (Coord.) **Tecnologias e Materiais Alternativos de Construção**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. p. 256

De acordo com a espécie, há variações nos colmos referentes à altura, diâmetro, espessura de parede e forma de crescimento. Os colmos nascem com o mesmo diâmetro que terão por toda a vida; este diâmetro é maior na base e vai diminuindo na parte superior. O intervalo entre os entrenós, é maior da base até o meio do colmo e vai diminuindo em direção à ponta superior. Em algumas espécies lenhosas, os diâmetros dos colmos são de apenas alguns milímetros, atingindo poucos centímetros de altura [por exemplo, algumas espécies dos gêneros *Sasa* e *Pseudosasa*]. Há algumas espécies gigantes de bambus, que podem atingir, aproximadamente, trinta metros de altura e diâmetros em torno de trinta centímetros [principalmente espécies do gênero *Dendrocalamus*]. Em uma mesma espécie, o diâmetro do colmo será influenciado pelo ambiente, clima, solo, idade da touceira e condições locais; a touceira apresentará a medida máxima, dos diâmetros dos colmos, por volta do quarto ou quinto ano após o plantio. A altura máxima, do colmo, é atingida após alguns dias do surgimento do broto; para as espécies lenhosas, a partir de 30 dias e para espécies gigantes, no máximo 180 dias. Os colmos brotam anualmente, geralmente nas estações chuvosas. Os brotos são protegidos por brácteas [ou bainhas], um tecido delicado, cujas folhas têm formato triangular. Estas folhas recobrem cada um dos nós que vão se formando e caem após o colmo completar seu máximo crescimento, quando então inicia-se a formação de ramos e folhas. É este fato que permite o rápido crescimento dos colmos (PEREIRA; BERALDO, 2007).

Figura 3: Secção transversal dos colmos de 4 espécies.
Fonte: HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo the gifts of the gods**. Colômbia, Bogotá: D'vinni Ltda., 2003. p. 11

Figura 4 [E]: Broto de bambu.
Figura 5 [D]: Broto de bambu: corte longitudinal.
Fonte: MINKE, G. **Building with bamboo – Design and Technology of a Sustainable Architecture**. Basel: Birkhäuser, 2012. p. 15

Figura 6: Rizoma paquimorfo.

Fonte: MINKE, G. **Building with bamboo – Design and Tecnology of a Sustainable Architecture**. Basel: Birkhäuser, 2012. p. 15

Figura 7: Rizoma leptomorfo.

Fonte: MINKE, G. **Building with bamboo – Design and Tecnology of a Sustainable Architecture**. Basel: Birkhäuser, 2012. p. 15

2.3 RIZOMAS

Os rizomas são responsáveis por duas funções:

- Armazenamento de nutrientes para posterior distribuição aos colmos [os colmos mais velhos, aliados aos rizomas, também auxiliam na nutrição fornecida para o crescimento dos colmos novos];
- Propagação do bambu: anualmente efetua-se assexuadamente por ramificação destes rizomas;

Os dois principais grupos de bambu, derivam-se da forma como a ramificação ocorre:

- **Grupo paquimorfo [entouceirante]:** os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros; encontram-se nas regiões quentes e tropicais; principais gêneros: *Dendrocalamus*, *Bambusa*, *Gigantoclhoa* e *Guadua*.
- **Grupo leptomorfo [alastrante]:** os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros; são resistentes às baixas temperaturas, e por isso, encontrados nas zonas temperadas; principais gêneros: *Phyllostachys*, *Sasa* e *Pleioblastus*.

Figura 8 [E] e Figura 9 [D]: Produção Bambuparque: rizoma paquimorfo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Figura 10 [E] e Figura 11 [D]: Produção Bambuparque: rizoma leptomorfo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero

O conteúdo técnico a seguir, no que se refere às características do bambu, tratamentos e materiais compósitos, foi retirado integralmente das informações proferidas pelo Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo [no site www.apuama.org], exceto quando houver outra indicação referenciada.

2.4 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS

Sob o ponto de vista anatômico, o que diferencia o bambu das madeiras é principalmente a ausência dos raios, o que indica uma maior dificuldade no momento de se efetuarem ligações entre peças de bambu, devido à sua baixa resistência ao fendilhamento. De uma forma geral, na seção transversal de um colmo de bambu pode-se observar:

- **Feixes de fibras:** apresentam concentração de 70% nas camadas periféricas [próximas da casca] diminuindo gradativamente em direção às camadas internas [20%]. São responsáveis pela resistência mecânica do bambu e pela proteção dos feixes de vasos;
- **Células parenquimáticas:** servem de locais de depósito para o amido, sendo mais concentradas nas camadas internas [cerca de 70%], diminuindo gradativamente em direção às camadas externas [20%]. Essa última [casca] é a região naturalmente mais resistente ao ataque de insetos;
- **Vasos:** responsáveis pelo transporte de nutrientes. Apresentam maior dimensão quando estão localizados nas camadas internas da parede dos colmos. No entanto, em termos de ocupação de área, a porcentagem ocupada pelos vasos do bambu é da ordem de 10%, ou seja, nas camadas externas aumenta significativamente a quantidade de vasos, porém o seu diâmetro é muito pequeno. Os vasos ocorrem em grupos de quatro componentes. Por apresentarem maior diâmetro, os vasos interiores são mais facilmente preenchidos por soluções preservativas;

2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Um dos maiores entraves que impedem um melhor conhecimento das características do bambu refere-se à ausência de normas técnicas para a realização dos ensaios para a sua caracterização, e, posteriormente, para efetuar-se a interpretação dos resultados obtidos. Desse modo, torna-se muito difícil comparar as diferentes espécies estudadas pelos pesquisadores, devido à falta de padronização. No momento, encontra-se em elaboração uma norma brasileira sobre a utilização estrutural do bambu em construções.

- **Umidade:** o teor de umidade do bambu, no momento do corte, pode ser muito elevado, dependendo da época do ano, da espécie e da posição da amostra no colmo [base, meio ou ponta]. A região da base apresenta teor de umidade mais elevado do que as demais regiões. De uma forma geral, o bambu demora mais a secar do que madeiras com a mesma densidade, pois a perda de umidade na direção transversal às fibras é muito limitada, devido à impermeabilidade natural produzida pela casca do bambu;
- **Massa específica aparente:** a massa específica aparente do bambu situa-se entre 500 a 800 kg/m³. Essa característica depende da espécie, da idade do colmo e da posição da amostra [base, meio e ponta]. [Tal valor qualifica o bambu para fins de obtenção de carvão];
- **Variações dimensionais:** na direção longitudinal-axial é praticamente desprezível [inferior a 1%], comportando-se como se fosse a madeira. No entanto, contrariamente às madeiras, a deformação na direção tangencial [paralela à casca] nem sempre é inferior à deformação na direção radial [centro para a casca]. Essa característica também é dependente da espécie, da idade do colmo e da posição da amostra no colmo [base, meio e ponta];

2.6 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

A despeito de sua reduzida massa específica aparente, o bambu é considerado um material de boa resistência mecânica, similar às madeiras de lei [duras]. A maior dificuldade no estudo das propriedades mecânicas do bambu reside no fato de ter que adequá-lo aos procedimentos usuais para o ensaio das madeiras. Além disso, a quantidade e a localização dos nós modificam sensivelmente os resultados obtidos, por exemplo em um ensaio de flexão estática.

- **Compressão paralela às fibras:** peças curtas de bambu podem suportar tensões superiores a 50 MPa, enquanto que o concreto usual apresenta 30% desse valor. Além disso, enquanto que o concreto apresenta densidade superior a 2, o bambu apresenta 30% desse valor. Desse modo, se for considerada a resistência em relação à densidade [resistência específica] o bambu mostra-se muito mais eficiente do que o concreto;
- **Tração paralela às fibras:** o módulo de elasticidade do bambu situa-se em torno de 20.000 MPa, cerca de 1/10 do valor alcançado pelo aço. Cabos de bambus trançados oferecem resistência similar ao aço CA-25 [2500 kgf/cm²], pesando, no entanto, apenas 10% do metal. Tais cabos foram utilizados em antigas pontes pênseis chinesas, tendo servido de inspiração para as modernas pontes, tais como a Golden Gate, em San Francisco, USA;
- **Flexão estática:** o bambu apresenta rigidez suficiente para que possa ser utilizado em estruturas secundárias, na forma de treliças e vigas. No entanto, a ligação eficiente entre os diversos colmos é de crucial importância;

2.7 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A principal característica química do bambu é a presença do amido nas células parenquimáticas. Como elas são mais numerosas nas camadas internas do colmo, o ataque do caruncho sempre se inicia nessa região. Os nós e as camadas externas apresentam maior quantidade de cinzas e de sílica.

2.8 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Conforme citado em (PEREIRA; BERALDO, 2007), Hidalgo Lopez (2003), comenta resultados obtidos por vários pesquisadores, fazendo menção às partes do colmo que devem ser consideradas, em qualquer estudo, devido às diferentes resistências apresentadas em cada parte:

- **Colmo inteiro:** as propriedades mecânicas variam da base ao topo do colmo. Se a altura útil de um colmo for dividida em três partes, na maioria dos casos, a parte superior é mais resistente à compressão e flexão, do que as partes mediana e inferior. A parte central, onde ocorrem os internos mais longos, é mais resistente à tração, enquanto que a parte inferior do colmo apresenta, geralmente, menores valores de resistência mecânica;
- **No internó:** as fibras são mais curtas quando se situam próximas ao nó; e são mais longas no centro do internó. Consequentemente, a parte mais resistente corresponde à região central do colmo;
- **Na parede do colmo:** a massa específica e as resistências à tração e compressão, aumentam da parte interna da parede, para a parte externa [devido à maior proporção de fibras nestas últimas]. Como consequência, a região mais resistente é o terço externo da parede, e a mais fraca, o terço interno.

2.9 DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DAS ESPÉCIES

Segundo o EEOB, Department of Ecology, Evolution, and Organismal Biology, da Iowa State University, a subfamília *Bambusoideae* é composta por 1.400 espécies descritas em 101-118 gêneros, classificados em três grupos:

- *Olyreae*: são os bambus herbáceos; com 120 espécies;
- *Arundinarieae*: inclui os bambus lenhosos, de clima temperado, com 500 espécies;
- *Bambuseae*: composta pelos bambus lenhosos, de clima tropical, com 800 espécies;

Figura 12: Mapa: distribuição mundial *Olyreae*.
Fonte: Anna Gardner – EEOB.

Figura 13: Mapa: distribuição mundial *Arundinarieae*.
Fonte: Elizabeth Vogel /Anna Gardner – EEOB.

Figura 14: Mapa: distribuição mundial *Bambuseae*.
Fonte: Elizabeth Vogel /Anna Gardner – EEOB.

De acordo com LONDOÑO (2001), a América Latina é a região mais rica, das Américas, em se tratando de diversidade de espécies de bambus lenhosos: são 20 gêneros e 429 espécies, distribuídos entre 27° N e 47° S, representando 39% das espécies e 31% dos gêneros de bambus lenhosos encontrados no mundo. O Brasil concentra a maior diversidade: são 16 gêneros e 134 espécies de bambus lenhosos, compreendendo 32% das espécies e 85% dos gêneros encontrados na América Latina. Os estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Bahia e Paraná apresentam a maior diversidade de bambus lenhosos encontrados no país. A Mata Atlântica possui a maior diversidade de bambus no mundo: são 22 gêneros e 62 espécies de bambus lenhosos e herbáceos.

Figura 15: Mapa: distribuição de *Bambuseae* na América Latina. Fonte: <www.guaduabamboo.com>

As espécies mais conhecidas e disseminadas de bambu são aquelas de origem asiática. Algumas delas foram introduzidas pelos colonizadores portugueses (principais gêneros: *Bambusa* e *Dendrocalamus*), tendo sido trazidas de suas possessões na Ásia. Atualmente, tais gêneros de bambus encontram-se disseminados por todo o território nacional, fazendo parte do ecossistema, servindo de proteção da fauna e preservando os lençóis d'água. Outros gêneros de bambus foram introduzidos mais recentemente ao Brasil, trazidos por imigrantes asiáticos [gêneros *Sasa* e *Phyllostachys*]. Cabe destacar que tais bambus, de crescimento alastrante, atualmente constituem-se em importante fonte de renda para agricultores, artesãos e construtores em bambu.

Segundo LONDOÑO (2001), recentemente, com imagens de satélite, fotografias aéreas e investigações no local, calculou-se que a área de bambu dominante está perto de 180.000 km², ou 18 milhões de hectares, no sudoeste da Amazônia.

Pelo menos três gêneros de bambus lenhosos foram relatados nesta floresta de bambu: *Arthrostylidium*, *Elytrostachys* e *Guadua*. O

gênero mais dominante é *Guadua*, com *Guadua weberbaueri*, *Guadua sarcocarpa*, *Guadua superba*, *Guadua paraguayana*, *Guadua capitata*, *Guadua ciliados*, *Guadua glomerata*, além de diversas espécies desconhecidas.

Dos gêneros de bambus lenhosos, nativos do Brasil, acredita-se que apenas *Actinocladum*, *Apoclada*, *Chusquea*, *Guadua* e *Merostachys* consistam de quaisquer espécies que tenham ou possam ter algum uso potencial, segundo LONDOÑO (2001) .

As espécies nativas são conhecidas geralmente por taquara, taboca, jativoca, taquaruçú ou taboca-açú, conforme sua região de ocorrência. Tais espécies, geralmente de porte arbustivo, se misturam e se confundem com a floresta. Existem grandes áreas desses tipos de bambu na Floresta Amazônica (Acre), no parque da Foz do Iguaçu e nas margens de alguns rios do Pantanal.

EFEITOS POSITIVOS DO BAMBU AO MEIO AMBIENTE

- Produção de biomassa: o bambu é um recurso natural de rápido crescimento, que produz muito mais biomassa seca, por hectare ao ano, do que o eucalipto;
- Redução da erosão do solo: ocasionadas em função das raízes e rizomas que se formam como redes, segurando a terra;
- Retenção de água: um hectare de bosque de *Guadua angustifolia*, pode reter mais de 30.000 litros de água;
- Regulação de caudal hídrico: por sua capacidade de retenção de água em seus colmos, o bambu conserva água em época de chuvas, a qual é utilizada em seu benefício em épocas de seca;
- Redução de temperatura: os bosques de bambu reduzem a temperatura do ar, por efeito de evaporação da água, graças às suas folhas;

2.10 ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS

As espécies nativas ainda são pouco conhecidas, pelos brasileiros. De acordo LONDOÑO (2001) há 134 espécies nativas de bambu, no Brasil. Retiramos do site <www.guaduabamboo.com> informações sobre diâmetro e altura dos colmos, referentes à algumas destas espécies:

ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS

Espécie	Diâmetro	Altura	Espécie	Diâmetro	Altura
<i>Actinocladum verticillatum</i>	14 mm	3-4.6 m	<i>Aulonemia goyazensis</i>		
<i>Alvimia auriculata</i>	5-10 mm	20-25 m	<i>Aulonemia radiata</i>	10 mm	2-3 m
<i>Alvimia gracilis</i>	3-5 mm	6-8 m	<i>Aulonemia ramosissima</i>		
<i>Alvimia lancifolia</i>	3-8 mm	6-10 m	<i>Aulonemia setigera</i>		5-10 m
<i>Apoclada arenicola</i>	1-6 mm	0,45-1,65 m	<i>Aulonemia ulei</i>	6 mm	2-3 m
<i>Apoclada cannavieria</i>	1-9 mm	0,65-1,75 m	<i>Chusquea acuminata</i>		
<i>Apoclada simplex</i>	25-50 mm	5-8 m	<i>Chusquea anelythra</i>	4 mm	
<i>Arthrostachys capitata</i>			<i>Chusquea anelytroides</i>		6-10 m
<i>Arthrostylidium fimbrinodum</i>	4-12 mm	7 m	<i>Chusquea attenuata</i>		
<i>Arthrostylidium grandifolium</i>	12 mm		<i>Chusquea baculifera</i>	10 mm	2-3 m
<i>Arthrostylidium simpliciusculum</i>	4-10 mm	10-12 m	<i>Chusquea bahiana</i>	10-17 mm	5-6 m
<i>Atractantha amazonica</i>	4-8 mm	6 m	<i>Chusquea bambusoides</i>	6 mm	10 m
<i>Atractantha aureolanata</i>	5-20 mm	20 m	<i>Chusquea bradei</i>	2-10 mm	3-6 m
<i>Atractantha cardinalis</i>	5-13 mm	15 m	<i>Chusquea caparaoensis</i>	25 mm	4,5 m
<i>Atractantha falcata</i>	5-8 mm	12m	<i>Chusquea capitata</i>		
<i>Atractantha radiata</i>	6-13 mm	12 m	<i>Chusquea capituliflora</i> var. <i>capituliflora</i>	5 mm	
<i>Aulonemia amplissima</i>		2 m	<i>Chusquea capituliflora</i> var. <i>pubescens</i>		
<i>Aulonemia aristulata</i>		0,6-3 m	<i>Chusquea erecta</i>	10 mm	1,5-2,5 m
<i>Aulonemia effusa</i>	5 mm	1,5 m	<i>Chusquea fasciculata</i>		
<i>Aulonemia glaziovii</i>			<i>Chusquea gracilis</i>		

ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS

Espécie	Diâmetro	Altura
<i>Chusquea heterophylla</i>	10-15 mm	1-2 m
<i>Chusquea ibiramae</i>		
<i>Chusquea juergensii</i>	7-15 mm	2-4 m
<i>Chusquea leptophylla</i>	2 mm	
<i>Chusquea linearis</i>		
<i>Chusquea meyeriana</i>		
<i>Chusquea microphylla</i>	3-5 mm	0,5-1 m
<i>Chusquea mimosa ssp. australis</i>		
<i>Chusquea mimosa ssp. mimosa</i>		
<i>Chusquea nudiramea</i>	10-12 mm	2-4 m
<i>Chusquea nutans</i>	10-15 mm	4-5 m
<i>Chusquea oligophylla</i>	5 mm	
<i>Chusquea oxylepis</i>	10 mm	3-5 m
<i>Chusquea pinifolia</i>	5-10 mm	2-3 m
<i>Chusquea pulchella</i>	2-3 mm	2-3 m
<i>Chusquea ramosissima</i>	15 mm	4-10 m
<i>Chusquea riosaltensis</i>	10 mm	1-1,5 m
<i>Chusquea sclerophylla</i>	4 mm	
<i>Chusquea sellowii</i>	3 mm	2-3 m
<i>Chusquea tenella</i>	3 mm	

Espécie	Diâmetro	Altura
<i>Chusquea tenuiglumis</i>		
<i>Chusquea tenuis</i>		
<i>Chusquea urelytra</i>		
<i>Chusquea wilkesii</i>		
<i>Chusquea windischii</i>	10 mm	1 m
<i>Colanthea burchellii</i>		1,8-3 m
<i>Colanthea cingulata</i>	5 mm	
<i>Colanthea distans</i>		
<i>Colanthea intermedia</i>	3 mm	
<i>Colanthea lanciflora</i>	5 mm	
<i>Colanthea macrostachya</i>		
<i>Colanthea rhizantha</i>	2 mm	3 m
<i>Cricuma asymmetrica</i>		
<i>Elytostachys sp.</i>		
<i>Eremocaulon aureofimbriatum</i>	25-35 mm	10-11 m
<i>Glaziophyton mirabile</i>		1,8-2,4 m
<i>Guadua paraguayana</i>	20-40 mm	8-10 m
<i>Guadua calderoniana</i>	20-35 mm	10-20 m
<i>Guadua ciliata</i>	8-20 mm	4-10 m
<i>Guadua glomerata</i>	10-45 mm	8-12 m
<i>Guadua latifolia</i>	30-70 mm	3-11 m

ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS

Espécie	Diâmetro	Altura
<i>Guadua macrostachya</i>	40-70 mm	8-18 m
<i>Guadua maculosa</i>		
<i>Guadua paniculata</i>	50-70 mm	8-10 m
<i>Guadua sarcocarpa</i> ssp. <i>sarcocarpa</i>		
<i>Guadua superba</i>	100-150 mm	20 m
<i>Guadua tagoara</i>	50-100 mm	10-20 m
<i>Guadua trinii</i>	30-50 mm	8-10 m
<i>Guadua virgata</i>		
<i>Guadua weberbaueri</i>	40-120 mm	8-20 m
<i>Merostachys abadiana</i>	2-5 mm	2 m
<i>Merostachys argentea</i>		
<i>Merostachys argyronema</i>		
<i>Merostachys bifurcata</i>		
<i>Merostachys bradei</i>		
<i>Merostachys burmanii</i>	40 mm	10-15 m
<i>Merostachys calderoniana</i>		
<i>Merostachys caucaiana</i>	10 mm	
<i>Merostachys ciliata</i>		
<i>Merostachys clausenii</i> var. <i>clausenii</i>		
<i>Merostachys clausenii</i> var. <i>mollior</i>		

Espécie	Diâmetro	Altura
<i>Merostachys exserta</i>		
<i>Merostachys filgueirasii</i>	10-15 mm	2-10 m
<i>Merostachys fischeriana</i>		
<i>Merostachys fistulosa</i>		
<i>Merostachys glauca</i>	12-25 mm	
<i>Merostachys kleinii</i>		
<i>Merostachys kunthii</i>		6-9 m
<i>Merostachys lanata</i>		
<i>Merostachys leptophylla</i>		
<i>Merostachys magellanica</i>	12-14 mm	6-8 m
<i>Merostachys medullosa</i>		
<i>Merostachys multiramea</i>	30-40 mm	12 m
<i>Merostachys neesii</i>		
<i>Merostachys petiolata</i>		
<i>Merostachys pilifera</i>	50 mm	20 m
<i>Merostachys pluriflora</i>		
<i>Merostachys polyantha</i>		6-8 m
<i>Merostachys procerrima</i>		
<i>Merostachys ramosissima</i>		
<i>Merostachys riedeliana</i>		6-7,5 m

ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS

Espécie	Diâmetro	Altura
<i>Merostachys rodoniensis</i>		
<i>Merostachys scandens</i>	10-30 mm	6 m
<i>Merostachys sellovii</i>		
<i>Merostachys skortzovii</i>		
<i>Merostachys sparsiflora</i>		6-8 m
<i>Merostachys speciosa</i>		
<i>Merostachys ternata</i>	8-13 mm	12 m
<i>Merostachys vestita</i>	4 mm	
<i>Myriocladus grandifolius</i>	15 mm	3 m
<i>Myriocladus neblinaensis</i>		1,5 m
<i>Myriocladus paludicolus</i>		8 m
<i>Myriocladus virgatus</i>		1,5 m
<i>Rhipidocladum parviflorum</i>		

2.11 ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No Brasil, as espécies comumente utilizadas para a construção civil são: *Phyllostachys pubescens*, *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus giganteus*, conforme as figuras 16 a 18.

A seguir, apresentam-se espécies que podem ser empregadas na construção civil, segundo: FARELLY (1938), YOUNG; HAUN (1961), McCLURE (1966) e MINKE (2012).

As informações contidas nas próximas tabelas foram retiradas de: PEREIRA; BERALDO (2007), MINKE (2012) e do site <www.guaduabamboo.com>.

Fig. 16: *Phyllostachys pubescens*
Fonte: Marco A. Pereira

Fig. 17: *Guadua angustifolia*
Fonte: Marco A. Pereira

Fig. 18: *Dendrocalamus giganteus*
Fonte: Marco A. Pereira

ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

NOME DA ESPÉCIE	IMAGEM DA ESPÉCIE	ORIGEM	ALTURA dos COLMOS [m]	DIÂMETRO dos COLMOS [cm]	CLIMA	TEMPERATURA MÍNIMA [°C]
<i>Bambusa balcooa</i> Fig. 19: <i>Bambusa balcooa</i> Fonte: www.guaduabamboo.com/species/bambusa-balcooa		Nordeste da Índia	16 a 22	6 a 15	Tropical – Subtropical	- 4
<i>Bambusa polymorpha</i> Fig. 20: <i>Bambusa polymorpha</i> Fonte: www.guaduabamboo.com/species/bambusa-polymorpha		Sudeste da Ásia	15 a 25	7 a 15	Tropical – Subtropical	0
<i>Bambusa vulgaris</i> Fig. 21: <i>Bambusa vulgaris</i> Fonte: www.guaduabamboo.com/species/bambusa-vulgaris		China - Madagascar	10 a 20	4 a 10	Tropical – Subtropical	- 3

ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

NOME DA ESPÉCIE	IMAGEM DA ESPÉCIE	ORIGEM	ALTURA dos COLMOS [m]	DIÂMETRO dos COLMOS [cm]	CLIMA	TEMPERATURA MÍNIMA [°C]
<i>Bambusa bambos</i> Fig. 22: <i>Bambusa bambos</i> Fonte: www.guaduabamboo.com/species/bambusa-bambos		Sudeste da Ásia	20 a 30	10 a 18	Tropical – Subtropical	- 1
<i>Dendrocalamus balcoa</i> Fig. 23: <i>Dendrocalamus balcoa</i> Fonte: http://bamboowa.com.au/?page_id=106		Sudeste da Ásia - Índia	20 a 25	15 a 20	Tropical – Subtropical	- 5
<i>Dendrocalamus giganteus</i> Fig. 24: <i>Dendrocalamus giganteus</i> . Fonte: www.guaduabamboo.com/species/dendrocalamus-giganteus		Sudeste da Ásia	25 a 35	15 a 30	Tropical – Subtropical	- 1

ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

NOME DA ESPÉCIE	IMAGEM DA ESPÉCIE	ORIGEM	ALTURA dos COLMOS [m]	DIÂMETRO dos COLMOS [cm]	CLIMA	TEMPERATURA MÍNIMA [°C]
<i>Dendrocalamus asper</i> Fig. 25: <i>Dendrocalamus asper</i> . Fonte: <www.guaduabamboo.com/species/dendrocalamus-asper>		Malásia	20 a 30	8 a 20	Tropical – Subtropical	- 4
<i>Dendrocalamus latiflorus</i> Fig. 26: <i>Dendrocalamus latiflorus</i> . Fonte: <www.guaduabamboo.com/species/dendrocalamus-latiflorus>		China – Taiwan	14 a 25	8 a 20	Tropical – Subtropical	- 4
<i>Gigantochloa apus</i> Fig. 27: <i>Gigantochloa apus</i> . Fonte: <www.guaduabamboo.com/species/gigantochloa-apus>		Sudeste da Ásia	8 a 22	4 a 13	Tropical – Subtropical	- 2

ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

NOME DA ESPÉCIE	IMAGEM DA ESPÉCIE	ORIGEM	ALTURA dos COLMOS [m]	DIÂMETRO dos COLMOS [cm]	CLIMA	TEMPERATURA MÍNIMA [°C]
<i>Gigantochloa atrovioleacea</i> Fig. 28: <i>Gigantochloa atrovioleacea</i> . Fonte: www.guaduabamboo.com/species/gigantochloa-atrovioleacea .		Indonésia	8 a 12	6 a 8	Tropical – Subtropical	- 2
<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i> Fig. 29: <i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i> . Fonte: PEREIRA; BERALDO, 2007		Sumatra e Java	15 a 20	6 a 10	Tropical	- 2
<i>Guadua angustifolia</i> Fig. 30: <i>Guadua angustifolia</i> . Fonte: Marco A. Pereira		América do Sul [incluindo região norte do Brasil até o Panamá]	Até 30	Até 20	Tropical	- 2

ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

NOME DA ESPÉCIE	IMAGEM DA ESPÉCIE	ORIGEM	ALTURA dos COLMOS [m]	DIÂMETRO dos COLMOS [cm]	CLIMA	TEMPERATURA MÍNIMA [°C]
<i>Guadua chacoensis</i> Fig. 31: <i>Guadua chacoensis</i> Fonte: (PEREIRA; BERALDO, 2007)		Brasil, Argentina e Paraguai	Até 25	8 a 12	Tropical	
<i>Phyllostachys aurea</i> Fig. 32: <i>Phyllostachys aurea</i> Fonte: Marco A.Pereira		China – Japão	Aprox. 5	Aprox. 2	Tropical - Subtropical	
<i>Phyllostachys bambusoides</i> Fig. 33: <i>Phyllostachys bambusoides</i> Fonte: Marco A.Pereira		Japão	Aprox. 22	Aprox. 14	Subtropical	

ESPÉCIES UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

NOME DA ESPÉCIE	IMAGEM DA ESPÉCIE	ORIGEM	ALTURA dos COLMOS [m]	DIÂMETRO dos COLMOS [cm]	CLIMA	TEMPERATURA MÍNIMA [°C]
<i>Phyllostachys nigra</i> Fig. 34: <i>Phyllostachys nigra</i> Fonte: (PEREIRA; BERALDO, 2007)		China [introduzido no Japão e Estados Unidos]	Aprox. 16	Aprox. 9	Tropical – Subtropical	
<i>Phyllostachys pubescens</i> Fig. 35: <i>Phyllostachys pubescens</i> Fonte: Marco A. Pereira		China [introduzido no Japão e Estados Unidos]	10 a 21	7 a 17	Tropical – Subtropical	- 15 °C
<i>Phyllostachys vivax</i> Fig. 36: <i>Phyllostachys vivax</i> Fonte: Marco A. Pereira		China	Aprox. 21	Aprox. 12	Tropical – Subtropical	

2.12 CULTIVO

De forma geral, as espécies adaptam-se bem ao clima tropical, com bom desenvolvimento entre +8⁰C e +36⁰C. Temperaturas altas promovem o crescimento dos bambus, enquanto que temperaturas baixas o inibem; exceto para algumas espécies do gênero *Phyllostachys*, que se desenvolvem bem em climas frios, suportando temperaturas de até -15⁰C (PEREIRA; BERALDO, 2007).

Com relação aos tipos de solos, o bambu desenvolve-se bem na maioria deles, exceto em solos salinos; porém solos férteis, soltos e bem drenados, com pH entre 5,0 e 6,5 são os mais adequados para seu desenvolvimento pleno. Deve-se evitar solos muito úmidos ou que apresentem lençol freático alto (PEREIRA; BERALDO, 2007).

Quanto à necessidade de chuvas, de maneira geral, os bambus desenvolvem-se bem com precipitações iguais ou superiores a 1.200mm anuais (PEREIRA; BERALDO, 2007).

2.13 COLHEITA

No período de seca, há menor quantidade de seiva circulando, o que torna os colmos menos atrativos ao ataque de fungos e insetos; portanto, esta época é a mais indicada para realizar-se a colheita dos colmos, além do fato destes apresentarem menor teor de umidade, o que os torna mais leves, facilitando seu transporte. No Brasil, a estação seca coincide com a época de temperaturas mais baixas, período em que os insetos xilófagos estão menos ativos ou encontram-se em hibernação (PEREIRA; BERALDO, 2007).

A durabilidade do colmo está relacionada ao teor de amido presente no mesmo; desta forma, deve-se optar pela colheita na época posterior às brotações, pois no período de geração dos brotos, o amido é liberado de forma intensa (PEREIRA; BERALDO, 2007).

O corte deve ser realizado rente ao solo, para as espécies alastrantes, pois seu rizoma encontra-se protegido abaixo do solo. Para as espécies entouceirantes, o corte deve ocorrer a, aproximadamente, 20 cm acima do solo e logo acima do nó, para evitar entrada de água e apodrecimento da parte restante do colmo (PEREIRA; BERALDO, 2007).

O corte dos colmos deve ocorrer anualmente, para melhor desenvolvimento da touceira.

Para utilização do colmo, na construção civil, sua idade mínima para colheita é de três anos, para as espécies entouceirantes; e mínima de cinco anos, para espécies alastrantes. É aconselhável que a colheita não ultrapasse estes períodos, uma vez que a resistência e durabilidade começam a decair lentamente durante a fase de envelhecimento (KLEINE, 2010).

2.14 SECAGEM

Bambu demora mais tempo para alcançar a umidade de equilíbrio com o meio ambiente, se comparado às madeiras de mesma densidade (em torno de 750 kg/m³). Pela disposição anatômica dos constituintes do bambu, a água encontra duas fortes barreiras para ser eliminada: a casca - que é praticamente impermeável, e a ausência de raios - que dificulta a sua movimentação transversal. Dessa forma, o principal transporte da água é efetuado na direção longitudinal através dos vasos, principalmente naqueles situados nas camadas internas do colmo, nas quais os diâmetros são maiores do que naqueles das demais regiões.

Após a colheita, os colmos começam naturalmente a perder umidade. Se esta perda ocorrer muito rapidamente e de forma desigual, por exemplo, na exposição direta ao sol, fatalmente ocorrerão deformações e rachaduras, que inviabilizam seu uso posterior. A secagem é fator isolado de maior influência sobre a durabilidade do bambu, por estar relacionada tanto com estabilidade dimensional, rachaduras e deformações, quanto com o ataque de fungos. Pode ser realizada secagem natural, ou por equipamentos, como estufas e forno de micro-ondas, entre outros (KLEINE, 2010).

▪ **Secagem natural:** é relativamente lenta e dependente das condições atmosféricas, além da forma de colocação [entabicação] dos colmos. Deve-se evitar que o sol incida diretamente na maior superfície do colmo, orientando-o, portanto, na direção norte-sul travando-se os colmos entre si, na forma de um "x", para evitar deslizamentos. Esse tipo de montagem minimiza o aparecimento de fissuras ocasionadas pela expansão do ar situado nos entrenós.

Figura 37: Secagem natural: Piracaia. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

▪ **Secagem artificial:** A secagem artificial dos colmos de bambu ainda não é devidamente aplicada no Brasil. Porém, na Colômbia, investigação de Jöerg Stamm, utilizando o aquecimento do ar por energia solar e um dispositivo para a circulação forçada do ar aquecido (“polvo”) através de orifícios nos diafragmas, permitiu reduzir significativamente o tempo necessário para a secagem de colmos do *Guadua angustifolia*. A cinética da secagem dos colmos de bambu, por meio de ar aquecido e insuflado internamente no colmo, ainda é merecedora de uma investigação científica mais aprofundada para otimizar o fluxo de ar, a temperatura ideal, o tempo de secagem, de forma a tornar a secagem artificial viável do ponto de vista técnico-econômico.

Figura 38: Secagem artificial. Fonte: Antonio Ludovico Beraldo.

2.15 PRESERVAÇÃO

A maioria das espécies de bambu apresenta baixa durabilidade natural ao ataque de organismos xilófagos. Devido à presença do amido nas células parenquimáticas o bambu é alvo do ataque do caruncho [*Dinoderus minutus*]. Além disso, quando exposto às intempéries e quando em permanente contato com a umidade do solo, o bambu torna-se alvo do ataque de fungos.

2.16 TRATAMENTOS NATURAIS

- **Cura na mata:** a maneira tradicional, consiste em efetuar o corte dos colmos e deixá-los secando, verticalmente, dentro da touceira, apenas apoiados em uma pedra, para evitar o contato direto com o solo (KLEINE, 2010). Os colmos devem ser mantidos com ramos e folhas, nesta posição, para que o processo de assimilação da seiva continue reduzindo o teor de amido presente no colmo. Provavelmente, na impossibilidade das folhas realizem a fotossíntese, haja o consumo de amido localizado nas células parenquimatosas. Nessa técnica, denominada de "avinagrado" na Colômbia, ocorre a degradação [fermentação] do amido e da seiva presentes no colmo, geralmente aumentando a sua durabilidade, pois o bambu se torna impalatável aos insetos (PEREIRA; BERALDO, 2007).
- **Tratamento por imersão:** os colmos podem ser imersos em água [parada ou corrente]. Em alguns casos, os colmos devem ser recém cortados; em outros, pode-se utilizar colmos secos ao ar. Logo após a colheita, os colmos de bambu devem ser submersos em água corrente [riachos] ou estagnada [lagoa], visando-se reduzir ou eliminar o teor de amido existente nos colmos, por meio da fermentação biológica anaeróbica [ausência de ar]. A duração do tratamento pode variar de 4 a 7 semanas. Com a redução ou a eliminação do amido, provocado pela fermentação, procura-se minimizar ou evitar o ataque do caruncho.

- **Tratamento pelo fogo:** consiste em submeter os colmos recém cortados ao aquecimento em fogo direto, visando eliminar a seiva por exsudação. Com o aquecimento procura-se alterar [degradar] quimicamente o amido tornando-o menos atraente ao caruncho. Esse tratamento é muito utilizado para colmos de bambu pertencentes ao gênero *Phyllostachys*, tais como, o *P. aurea* [cana-da-Índia] e o *P. edulis* [mosô]. Durante o tratamento ao fogo ocorre o derretimento de um tipo de cera natural presente na casca do bambu.
- **Tratamento pela fumaça:** os colmos, logo após o corte, são submetidos à ação direta da fumaça, a qual os torna enegrecidos. Trata-se de um processo semelhante ao da defumação de alimentos. Devido à ação do calor e da fumaça, provavelmente se formem produtos tóxicos na superfície externa dos colmos, além da degradação do amido pela temperatura, culminando por tornar os colmos menos atraentes ao caruncho.
- **Tratamento por fervura com água:** adequado para tratamentos em escala industrial e tem por objetivo solubilizar os açúcares e o amido contido nos colmos, além de melhorar a estética, pela mudança de cor e limpeza da superfície externa (KLEINE, 2010).
- **Tratamento por cozimento por vapor:** trata-se de um método, também tipicamente industrial, que pressupõe a disponibilidade de uma caldeira de baixa pressão e de uma câmara de vapor, dentro da qual ocorre o tratamento (KLEINE, 2010).
- **Tratamento por cozimento com preservante:** esta é uma forma bastante eficiente de introduzir um produto preservante no tecido lenhoso do bambu. Pode-se adicionar ácido pirolenhoso, que é um produto natural, a 30%(KLEINE, 2010).

2.17 TRATAMENTOS QUÍMICOS

Os métodos químicos para o tratamento dos colmos de bambu são mais eficientes do que os métodos tradicionais. O tratamento químico, quando bem conduzido, protege os colmos contra o ataque do caruncho, além de aumentar sua durabilidade quando são colocados em contato com o solo. Os produtos químicos preservantes, quando utilizados em concentrações adequadas, devem ser tóxicos aos organismos xilófagos, sem que, no entanto, sejam tóxicos ao homem e aos animais. Durante o tratamento químico, tais produtos devem penetrar profundamente no material a ser tratado, não devendo evaporar e nem serem eliminados pelas águas pluviais ou devido à ação da umidade do solo. Além disso, devem manter uma boa relação custo/benefício.

Os produtos químicos utilizados na preservação da madeira ou de colmos de bambu podem ser classificados em oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis.

- **Oleosos:** o creosoto é o produto oleoso mais utilizado no tratamento preservativo da madeira. Esse produto pode ser de origem vegetal ou mineral: o creosoto mineral, obtido a partir da destilação da hulha [carvão mineral], é mais eficiente no tratamento da madeira, principalmente contra o ataque de insetos; o creosoto vegetal, é um subproduto da carbonização da madeira, sendo obtido a partir da destilação do alcatrão. O método de tratamento mais utilizado, à base de produtos oleosos, é o banho quente – frio. Trata-se de um método bem eficiente contra o ataque do caruncho e de microorganismos presentes no solo. É um tratamento indicado para peças que virão a desempenhar funções estruturais, tais como, esteios, pilares, moirões. Nesse tipo de tratamento os colmos deverão estar secos.

- **Oleossolúveis:** o pentaclorofenol* [pó-da-China] é o produto oleossolúvel mais comum para o tratamento de madeiras, podendo também ser utilizado no tratamento de colmos de bambu contra o ataque de organismos xilófagos. A concentração de pentaclorofenol é de 5% em massa. Os solventes podem ser: óleo diesel, querosene ou água-rroz. O tratamento com produtos oleossolúveis requer que os colmos de bambu estejam bem secos. *atualmente este produto tem uso restringido em vários países.

▪ **Hidrossolúveis:** os produtos preservativos solúveis em água são constituídos pela associação de vários tipos de sais, cujas soluções aquosas penetram nos elementos anatômicos do bambu e reagem com a lignina. Formam-se, então, compostos insolúveis, que são tóxicos aos organismos xilófagos. Os sais mais utilizados são: sulfato de cobre ou de zinco; dicromato de sódio ou de potássio; ácido bórico ou crômico. Para o tratamento do bambu, pode-se utilizar colmos secos ou verdes. Na primeira condição utiliza-se o processo da imersão; na segunda [bambu verde] utiliza-se o método da substituição de seiva.

o **Imersão em sais hidrossolúveis:** para esse tratamento, deve-se imergir totalmente os colmos secos na solução preservativa, a qual poderá ser composta por um, dois ou mais sais hidrossolúveis, listados anteriormente. A formulação da solução recomendada (em kg de sal/litro de solução) é: sulfato de cobre (1%) + dicromato de sódio (1%) + ácido bórico (1%). Nesse caso, a acidificação deve ser feita adicionando-se 200 mL de ácido acético glacial [para 100 L de solução]. A duração do tratamento poderá ser de 2 a 4 semanas, em temperatura ambiente. Após o tratamento, as peças deverão ser armazenadas durante alguns dias e quando estiverem secas poderão ser utilizadas.

Figura 39: Tanque de tratamento por imersão. Cambury Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

o **Substituição de seiva por sais hidrossolúveis:** nesse caso deve-se utilizar colmos recém cortados [ou no máximo, após decorridas 12 horas do corte]. Trata-se de um processo eficiente, desde que sejam utilizados colmos com até 2,50 m de comprimento. Para peças maiores, com até 4,00 m, a ascensão da solução preservativa torna-se muito limitada. A formulação dos sais pode ser a mesma descrita no item anterior. O tratamento pode ser conduzido em tambores plásticos sem tampa, nos quais se prepara a solução preservativa e se colocam os colmos de bambu verde na posição vertical. As bases dos colmos devem ser chanfradas e a altura da solução deve atingir cerca de 80 cm. Durante o tratamento, à medida que se processa a evaporação da água contida na seiva do bambu através da região superior do colmo, a solução preservativa sobe, substituindo-a. Essa ascensão da solução é ocasionada pelos fenômenos físicos da difusão (direção radial) e capilaridade (direção axial). Os colmos a serem tratados devem ser colocados no tambor plástico de maneira que permitam uma boa ventilação entre si. Desse modo, acelera-se a evaporação, favorecendo a eficiência e a rapidez do tratamento. A duração do tratamento é de 7 dias, ao final dos quais os colmos devem ser invertidos, permanecendo nessa posição por um período igual de tempo. Após o tratamento, os colmos devem ser empilhados à sombra durante 30 dias e protegidos da chuva. Essa recomendação é importante para que sejam completadas as reações entre os sais químicos e a lignina, e que seja realizada a secagem dos colmos, após o qual os mesmos poderão ser empregados.

Figura 40: Tratamento por substituição da seiva. Fonte: Antonio Ludovico Beraldo.

▪ **Tratamento sob pressão:** bambus secos podem ser tratados em autoclaves, que são equipamentos utilizados normalmente para a preservação da madeira. Quando se tratam colmos, os diafragmas devem ser previamente perfurados para que o colmo não rache durante a fase de aplicação do vácuo no equipamento. Em todo caso, deve-se prever um tratamento preventivo para que, enquanto seque ao ar, os colmos não sejam atacados pelo caruncho.

Figura 41: Boucherie modificado por pressão. Fonte: Antonio Ludovico Beraldo.

▪ **Boucherie [modificado]** para o tratamento de colmos, em menor escala, o método mais recomendado é o de *Boucherie* modificado por pressão. Um dispositivo aplica pressão na solução hidrossolúvel, a qual penetra nos elementos anatômicos do bambu [principalmente nos grandes vasos, situados nas camadas internas da parede do colmo], empurrando a seiva em direção à extremidade oposta à da conexão. Embora rapidamente se observe a saída da solução, recomenda-se que o processo seja aplicado durante 3 horas, e que, logo após, os colmos sejam deixados em posição horizontal e que sequem à sombra durante, ao menos, 15 dias. Essa segunda etapa – a difusão, é muito mais lenta, pois os bambus não apresentam raios.

▪ **Tratamento por injeção nos entrenós:** este método considera cada entrenó como uma unidade a ser tratada com a solução preservante, portanto só se aplica aos colmos roliços. Ao invés de perfurar os colmos no sentido longitudinal, removendo os diafragmas, devem-se abrir diversos furos no sentido radial, destinando um furo a cada entrenó, para a injetar a solução preservante (KLEINE, 2010).

2.17 PRODUÇÃO ATUAL NO BRASIL

Segundo Guilherme Korte, presidente da Associação Brasileira dos Produtores de Bambu [APROBAMBU], existem atualmente no Brasil, aproximadamente:

- 60.000 hectares de *Bambusa vulgaris* [cerca de 90% na região Nordeste e 10% diversas regiões];
- 5.000 hectares de *Phyllostachys pubescens* [plantios locais];
- 10.000 hectares de *Dendrocalamus asper*;
- 30.000 hectares de *Bambusa tuldoides*;
- 300 hectares de *Guadua angustifolia* [principalmente em São Paulo e Rio de Janeiro];
- *Guadua superba*: presente em 9,40% do território do Acre.

A seguir, algumas imagens de satélite registradas pela FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations], fornecidas pelo presidente da APROBAMBU.

Figura 42: Mapa: distribuição potencial de *Guadua* na América Latina. Fonte: FAO.

Fig. 43: Mapa: distribuição potencial de *Guadua latifolia* na América Latina. Fonte: FAO.

Fig. 44: Mapa: distribuição potencial de *Guadua angustifolia* na América Latina. Fonte: FAO.

Fig. 45: Mapa: distribuição potencial de *Guadua macrostachya* no Brasil. Fonte: FAO.

Fig. 46: Mapa: distribuição potencial de *Guadua paniculata* na América Latina. Fonte: FAO.

Fig. 47: Mapa: distribuição potencial de *Guadua tigoara* no Brasil. Fonte: FAO.

Há alguns exemplos de sucesso na exploração de bambus, para produção de polpa e papel; no Nordeste, o Grupo João Santos e a Cerâmica Forte, têm desenvolvido uma área de 35.000 hectares de *Bambusa vulgaris*, destinadas à produção de celulose para a fabricação de sacarias industriais, principalmente para sacos de cimento, nos estados de Pernambuco e Paraíba, e também, Piauí e Maranhão.

Em 2011 o Governo Federal sancionou uma lei de incentivo ao plantio do bambu [Lei Federal 12484], visando à implantação do plantio do bambu em larga escala, provavelmente, para fins de obtenção, em uma primeira etapa, de biomassa energética, segundo Antonio Ludovico Beraldo.

Segundo Guilherme Korte, presidente da APROBAMBU, atualmente existem aproximadamente 40 produtores no Estado de São Paulo, comercializando colmos para a construção civil. Dentre as principais espécies, estão: *Phyllostachys pubescens*, *Guadua chacoensis*, *Guadua superba*, *Guadua angustifolia*, *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus asper*, *Bambusa tuldoidea* e *Bambusa vulgaris*.

Alguns produtores comercializam os colmos já tratados e outros não. Dentre os principais tratamentos empregados estão: cozimento no vapor, imersão em octoborato de sódio e autoclave.

MATERIAIS COMPÓSITOS e BAMBU LAMINADO

3. MATERIAIS COMPÓSITOS e LAMINADOS

3.1 MATERIAIS COMPÓSITOS

Um compósito é um material formado a partir da mistura de dois ou mais constituintes que diferem entre si na forma e na composição química. Os materiais compósitos apresentam propriedades significativamente diferentes das propriedades dos seus constituintes. Os materiais que constituem um compósito dividem-se em duas categorias principais: **matriz** e **reforço**.

- O material que constitui a **matriz** é contínuo [envolvendo assim os outros constituintes e mantendo-os na sua posição relativa], proporcionando alguma ductilidade ao compósito que transmite os esforços mecânicos aos materiais de reforço;
- Os materiais que constituem o **reforço** são descontínuos [sendo envolvidos pela matriz], suportam os esforços aplicados ao compósito e, em geral, apresentam elevada resistência e rigidez;

Da combinação dos diferentes materiais obtém-se um efeito sinérgico, em que os compósitos apresentam propriedades mecânicas superiores à soma das propriedades individuais de cada constituinte. (Manuel Ferreira Fernandes, R. (2011), WikiCiências, 2(01):0254).

De acordo com Antonio Ludovico Beraldo, para utilização na construção civil, um compósito é um material constituído pela adição de fibras [naturais ou artificiais], visando o reforço ou a modificação do comportamento de matrizes frágeis [resinas e cimento, por exemplo], as quais passam a apresentar um comportamento dúctil. Essa característica da biomassa vegetal, por sinal, já era de conhecimento ancestral: “Naquele mesmo dia, deu o faraó ao inspetor do povo e aos vigias esta ordem: Não fornecereis mais, como dantes, a palha ao povo para fazer os tijolos: eles irão eles mesmos procurá-la”...(Êxodus, 5.6). Sabia-se, portanto, da importância de adição de palha vegetal para minimizar a fissuração da argila – um material frágil.

A seguir informações, advindas do Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo, sobre materiais compósitos com bambu:

3.1.1 Concreto reforçado com bambu [bambucreto]

O concreto normalmente é concebido para suportar esforços à compressão, motivo pelo qual se utilizam barras de aço para reforçá-lo à tração. No entanto, conforme relatos anteriores à Segunda Guerra, em locais de difícil acesso, podia ser obtido um bom desempenho do concreto reforçado com bambu.

Embora o bambu não possa ser considerado um substituto do aço, pois apresenta um módulo de elasticidade de 1/10 do metal, para pequenas construções e para pequenos vãos livres [inferiores a 4 m], o bambu se mostra uma boa alternativa;

Fig. 48: Armadura de pilar.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 49: Armadura de placa.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 50: Placa de bambucreto.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

3.1.2 Biokreto: blocos vazados e telhas onduladas

Blocos vazados, executados com concreto e resíduos do processamento de bambu, podem ser utilizados para vedação [sem função estrutural].

Fig. 51: Biokreto vazado.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 52: Detalhe do biokreto.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

A presença da biomassa vegetal faz com que o Biokreto apresente características adequadas de isolamento térmico, o que favorece sua utilização em climas tropicais. No entanto, devido à pequena espessura das telhas onduladas [de 4 a 8 mm], também se deve avaliar a capacidade de impermeabilização apresentadas por elas. Dependendo da situação, torna-se necessário se efetuar um tratamento preliminar de impermeabilização da biomassa, por meio da ação de polímeros.

Fig. 59: Telha de Biokreto.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 60: Telhado construído em 1999.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

3.1.3 Placas cerâmicas armadas com bambu

Trata-se de uma possibilidade de utilizar bambus de pequeno diâmetro, do tipo vara-de-pescar, para substituir o aço, na montagem de pequenas paredes não-portantes [ou seja, que não recebem carregamento], visando o fechamento de espaços destinados a construções de pequeno porte.

Fig. 53: Montagem das placas.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 54: Placas desmoldadas.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 55: Levantamento da parede.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 56: Parede terminada.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 57: Construção em 1990.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

Fig. 58: Construção em 2012.
Fonte: Antonio L. Beraldo.

3.2 BAMBU LAMINADO COLADO - BLC

Trata-se de uma aplicação mais recente do bambu, ou seja, consegue-se melhorar as propriedades do bambu, por meio da utilização do processamento mecânico dos colmos, obtendo-se ripas regulares, extraídas das paredes dos colmos. A seguir, as ripas são tratadas por meio de uma imersão rápida em octaborato de sódio, seguida de uma secagem [ideal de 8 a 10%]. Aplica-se o adesivo e se efetua a pressão [e, às vezes, também o aquecimento] durante um tempo recomendado pelo fabricante. A junção das ripas transforma o bambu em um tipo de “madeira”, podendo, então, ser destinada à fabricação de pisos, utensílios e para movelaria.

Fig. 61: Bambu laminado colado.

Fonte: <http://edsonmachado.net/tag/blc/>

3.3 CONSIDERAÇÕES

Segundo Antonio Ludovico Beraldo, as atividades agroindustriais geram grande quantidade de resíduos; os quais nem sempre são aproveitados de forma racional. Na maior parte dos casos, queima-se ou deposita-se tais resíduos em locais inadequados, contribuindo para a degradação ambiental. Os volumes de resíduos agroindustriais gerados no Brasil, atualmente, são aproximadamente: 2,2 milhões de toneladas de casca de arroz; 70 mil toneladas de casca de ovo; além de quantidades incalculáveis originadas do processamento mecânico da madeira. Fibras de sisal e de coco, partículas de bambu, dentre outros, também apresentam grande potencial de emprego na obtenção de compósitos.

Foram apresentados alguns exemplos de utilização de bambu processado na obtenção de materiais compósitos, para construção civil. Também existem compósitos, com outros materiais, demonstrando as muitas possibilidades para o aproveitamento de resíduos agroindustriais.

Tratam-se de soluções que podem contribuir para a sustentabilidade, através da utilização e reutilização de recursos renováveis. Atualmente, na

China, a fibra de bambu é utilizada na fabricação de hélices, para produção de energia eólica, desde 2010. Este exemplo demonstra o investimento em tecnologia, que vem sendo realizado, para a utilização do bambu, de diversas formas. Outras formas de emprego do bambu, na indústria, principalmente na China, já estão incorporadas e difundidas, onde segundo a APROBAMBU, há um complexo industrial de 100 fábricas, com 250 mil hectares de bambu, produzindo uma larga gama de produtos, tais como:

- Carvão ativado;
- Carvão vegetal;
- Fibra para têxtil;
- Broto para alimentação;

- Laminados e pisos;
- Papel e celulose;
- Vassouras, cercas-vivas, cabos de ferramentas;
- Utensílios domésticos;
- Palitos;
- *Pellets* para energia;
- Ração animal;
- Artesanato;
- Geração de energia;
- Etanol.

ENCAIXES E CONEXÕES

4. AMARRAÇÕES, ENCAIXES E CONEXÕES METÁLICAS

Para utilização do bambu em sua forma natural, como material construtivo, há que se fazer a união entre os colmos. Existem várias maneiras de realizá-las. Serão apresentadas algumas possibilidades:

- Amarrações: união entre colmos valendo-se, principalmente, de fibras naturais ou sintéticas, ou arame galvanizado;
- Encaixes: recortes executados, nos colmos, a fim de propiciarem contato adequado no encontro entre bambus posicionados ortogonalmente [um em relação ao outro], podendo haver variações de ângulos entre colmos;
- Conexões metálicas: presença de peças metálicas [normalmente de aço, inseridas nos colmos e fixadas com concreto] que propiciam a união entre vários colmos;

Figura 62: Amarrações
Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Figura 63: Encaixes
Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Figura 64: Conexões metálicas
Fonte: Mirella Nass Ruggiero

4.1 AMARRAÇÕES

Figura 65: Possibilidades de amarrações. Fonte: Grow your own house, Simón Vélez (2010)

Fig. 66 [Superior] Fig. 67 [Inferior]

Exemplo de amarração, executada com fibra natural [sisal], para confecção de cerca. Os dois colmos horizontais, paralelos, estão na forma natural [cilíndrica]. As demais peças, posicionadas sobrepostas umas às outras, em ângulo, são colmos partidos ao meio, longitudinalmente [taliscas ou ripas]. As amarrações foram realizadas nas extremidades dos bambus partidos.

Fig. 66 e 67: Detalhe: amarrações Figura 68: Cerca de bambu executada com amarrações. Curso realizado no Tibá – RJ [2006]. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figuras: 69, 70, 71 e 72: Pórtico de bambu com amarrações – vista a partir do espaço de convívio [WBC 2012]. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figuras: 73: Detalhe: amarrações [WBC 2012].
Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Esta estrutura de bambu foi inteiramente executada, apenas com amarrações, realizadas com fibra natural, constituída como pórtico de entrada para o WBC 2012 [World Bamboo Congress], na Bélgica. A estrutura atravessava uma construção existente, fazendo a transição da parte externa, próxima à estrada, à parte interna da fazenda, onde realizava-se o congresso. A disposição dos colmos e configuração das amarras, variavam em três momentos distintos: parte externa de acesso, interior do túnel e ponto de chegada ao espaço de convívio externo. Inicialmente, um emaranhado que ia organizando-se progressivamente, dentro do túnel e saía de forma distinta, em relação ao início. Tais efeitos foram obtidos apenas com amarrações e criatividade.

Fig. 74 e 75: Pórtico de bambu: vista a interna do túnel. Fig. 76: vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 77: Abóbadas: tiras de bambus amarradas. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 78 e 79 : Abóbadas: tiras de bambus amarradas – vista interna – residência Tarumã. Fonte: Leiko Hama Motomura.

4.2 ENCAIXES

Fig. 80: Tipos de encaixes. Fonte: Bamboo the gift of the gods. Hidalgo-López, 2003.

Figura 81: Tipos de encaixes. Fonte: Kengo Kuma, 2015 – arquivo pessoal.

Figura 82: Tipos de encaixes. Bamboo the gift of the gods. Hidalgo-López, 2003.

Detalhe do processo construtivo da ecobase, de bambu e fibra de coco, realizada em 2011, por Mirella Nass Ruggiero, conjuntamente com os arquitetos César Augusto, Leonardo Maia e Sérgio Cassino, em parceria com Eleonora Lins e Sean Harton [Yagasai].

Figuras 83 e 84: Detalhe: encaixe boca de peixe. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figuras 85, 86 e 87: Detalhe: encaixe boca de peixe. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

As imagens [figuras 83 a 87] referem-se à execução do encaixe dos colmos, denominado boca de peixe, um dos mais utilizados na construção civil.

O recorte é executado na extremidade do colmo, próximo ao nó, com serra-copo; e pode ser observado nas imagens ao lado, no colmo que se encontra na vertical. Neste colmo fixou-se, transversalmente, uma barra rosqueada de aço. No colmo posicionado na horizontal fixou-se, transversalmente, uma barra de aço, com formato de gancho na extremidade. Este gancho irá conectar-se, internamente, à barra fixada no outro colmo. Externamente, são colocadas arruelas e porcas, nas extremidades das barras rosqueadas. O recorte deve ser executado com precisão, para que os colmos encaixem-

Fig. 88: Det. encaixe - Brasil 2006 - Sven Mouton. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 89: Det. encaixe – Brasil 2008 - Celina Llerena. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 90: Det. encaixe - Brasil 2008 – Leiko Hama Motomura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 91: Det. encaixe - Brasil 2008 – Todescan Siciliano. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Fig. 92: Det. encaixe - Brasil 2014 – Francisco Lima. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 93: Det. encaixe - Brasil 2014 – Tomaz Lotufo / Celina Llerena. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 94: Det. encaixe - Brasil 2004 – Simón Vélez Fonte: Claudio Maia.

Fig. 95: Det. encaixe - Brasil 2008 – Francisco Lima. Fonte: Francisco Lima.

Fig. 96: Det. encaixe - Brasil 2008 – Francisco Lima. Fonte: Francisco Lima.

Fig. 97: Det. encaixe - Brasil 2014 – Francisco Lima e Gustavo Queiroz. Fonte: Gustavo Queiroz.

Fig. 98: Det. encaixe - Portugal 2013 – Celina Llerena. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

4.3 CONEXÕES METÁLICAS

Figuras 99, 100, 101 e 102: Exemplos de conexões metálicas – Bélgica 2012 – WBC - BeBamboo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figuras 103, 104, 105 e 106: Exemplos de conexões metálicas – Brasil 2014 – Geodésica Serra da Cantareira. Fonte: Andagio Empreendimentos Criativos.

Figuras 107, 108, 109 e 110: Exemplos de conexões metálicas – Brasil 2003 – Amana Key. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figuras 111, 112, 113 e 114: Exemplos de conexões metálicas – Brasil 2010 – Espaço Oca Soma. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figuras 115, 116, 117 e 118: Exemplos de conexões metálicas – Bélgica 2011 – residência Sven Mounon. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figuras 119, 120 e 121: Exemplos de conexões metálicas – Brasil 2004 – residência Serra Grande – Simón Vélez. Fonte: Claudio Maia.

PARQUE NA CHINA

Figuras 122, 123 e 124: Exemplos de conexões metálicas – China 2013. Fonte: Nick Lin.

Figuras 125, 126 e 127: Exemplos de conexões metálicas – China 2013. Fonte: Nick Lin.

Figuras 128 e 129: Exemplos de conexões metálicas – China 2013. Fonte: Nick Lin.

Alguns exemplos de conexões metálicas utilizadas na China: projeto concluído em 2013. A figura 127 mostra a conexão dos colmos na circunferência metálica e, também, as amarrações ao longo dos colmos, unindo-os em ângulo.

OBRAS SELECCIONADAS

5. OBRAS SELECIONADAS

O critério de seleção das obras deu-se em função da relevância do papel estrutural desempenhado pelo bambu.

As obras serão apresentadas em duas categorias: obras no Brasil e no exterior. Ambas têm uma subdivisão: obras visitadas e obras não visitadas. As obras visitadas, naturalmente, constituem-se de um material mais detalhado, onde questões técnicas puderam ser observadas, analisadas e complementadas, algumas vezes, pelas entrevistas com os arquitetos.

Sendo um dos objetivos deste trabalho, contribuir com a divulgação do bambu como possível material construtivo, as obras têm papel de referenciar a produção atual, a fim de traçar-se um panorama da arquitetura contemporânea que utiliza o bambu.

Alguns projetos internacionais estão presentes, uma vez que sua contribuição é justamente referenciar a apropriação do uso do bambu em outras culturas, criando repertório e, muitas vezes, delineando outras possibilidades de utilização.

O critério de seleção destas obras em questão, foi o mesmo adotado para as demais: obras que utilizaram o bambu como material estrutural. A seleção também teve como premissa apresentar soluções construtivas distintas e, consequentemente, resultados estéticos variados. Neste aspecto, pode-se observar a interferência cultural nas linguagens arquitetônicas delineadas. Desta forma, o presente trabalho pretende contribuir para uma mudança de paradigma em relação aos materiais naturais e técnicas locais, principalmente o bambu.

O Terminal 4, do aeroporto de Barajas, é a única obra selecionada onde o bambu não desempenha papel estrutural. Mas, dois foram os fatores levados em consideração ao selecioná-la: o primeiro deles é o fato de ser uma obra visitada e, consequentemente, vivenciada, o que contribui para a assimilação da arquitetura com mais acuidade. O segundo fator, é a forma como foi empregado: laminado. A utilização do bambu laminado vem despontando como nova possibilidade de utilização. Avanços tecnológicos já

possibilitam a realização de laminados sem a utilização de cola [no Vietnã] e seu emprego já é normatizado, pela ISSO 22156, para utilização em construções. Na China, atualmente, toda a indústria moveleira não utiliza nenhuma espécie de madeira, apenas bambu laminado. Muitos são os exemplos de utilização, nas indústrias, de bambu processado e as pesquisas continuam aprimorando-se nas investigações quanto aos seus usos e aplicações. Mas, o foco deste trabalho será apresentar possibilidades de utilização do bambu como material construtivo, através de exemplos existentes.

¹ Fala proferida durante a disciplina de Produção Arquitetônica e Meio Ambiente, inserida no curso de Pós-Graduação da FAU-USP, no Primeiro Semestre de 2013

SOBRE AS OBRAS VISITADAS

Durante o processo de desenvolvimento da presente pesquisa, houve a possibilidade de visitar algumas obras, que utilizaram o bambu como material construtivo. A seguir serão abordados alguns aspectos observados *in loco*. O Prof. Dr. Julio Katinsky¹, discorreu sobre a importância de visitar-se uma obra arquitetônica. De fato, somente vivenciando-a é que se consegue extrair sua verdade.

As apropriações de sua dimensão, de sua inserção no lote e sua relação com o entorno, só podem ser apreendidas, realmente, quando se está presencialmente perante a obra.

Ao percorrê-la, desvendam-se detalhes e sutilezas que, muitas vezes, poderiam passar despercebidos se apenas observados através das representações, quer sejam gráficas ou iconográficas.

À medida que se percorre seus espaços, percebe-se a maneira como a luz e o vento se revelam, se comportam. Naquele momento vivencia-se o espaço. Pode-se sentir a arquitetura e perceber a intenção do gesto do arquiteto.

O modo como a paisagem integra-se à construção; a forma como esta transição é feita, se sutil ou se, propositalmente, brusca, delimitando espaços e gerando percepções distintas.

“(...) o conceito de habitar como estar em paz num lugar protegido. Assim, o cercamento, o ato de demarcar ou diferenciar um *lugar* no espaço se converte no ato arquetípico da construção e a verdadeira origem da arquitetura”.²

As texturas e tons dos materiais escolhidos despertam sensações, remetem a lembranças, criam repertórios; mas, acima de tudo, acolhem-nos.

“(...) [a fenomenologia] despertou um novo interesse nas qualidades sensoriais dos materiais, da luz, da cor, bem como na importância simbólica e tátil das junções. Esses aspectos contribuem para realçar a qualidade poética que na opinião de Heidegger é essencial para o habitar”.³

Percorrendo cada um destes lugares, com características tão particulares e arquiteturas distintas, algumas impressões mostraram-se semelhantes. A busca pela integração à natureza, ao entorno, e a proposta da utilização de materiais naturais,

despertam sentimentos de acolhimento, bem estar. Segundo o Arquiteto Kengo Kuma⁴, à medida que o homem se afasta da natureza, se afasta de si mesmo.

Daí a importância do contato com a natureza, da integração e interação com o meio circundante. O respeito ao entorno, o contato com o vivo, o ser-vivo, a vida.

Propostas distintas, referentes a um mesmo material [o bambu], geraram projetos diversificados; cada um, impregnado de significados e particularidades. As diferentes possibilidades e soluções encontradas reforçam a qualidade do olhar único de cada um.

O olhar do arquiteto para aquele lugar, para aquele projeto; e, também, o olhar daquele que desfruta e vivencia aquele espaço. Os sentimentos e sensações de ambos são o cerne da Arquitetura.

² Cristian Norberg-Schulz, “O fenômeno do lugar”. Nesbitt, Kate (org.) **Uma nova agenda para a arquitetura**, p. 443

³ Nesbitt, Kate (org.) **Uma nova agenda para a arquitetura**, p. 443

⁴Fala proferida durante a Conferência realizada na FAU-USP, em 12/11/2014.

(...) seu propósito [da arquitetura] é ajudar o homem a habitar. Mas é uma arte difícil. Fazer construções e cidades concretas não é suficiente. A arquitetura começa a existir quando “faz visível todo um ambiente”, para citar uma definição de Suzanne Langer. Isso significa concretizar o *genius loci*. Vimos que isso acontece por meio de construções que reúnem as propriedades do lugar e as aproximam do homem. Logo, o ato fundamental da arquitetura é compreender a “vocação” do lugar. Dessa maneira, protegemos a terra e nos tornamos parte de uma totalidade compreensível. O que se defende aqui não é uma espécie de “determinismo ambiental”. Apenas reconhecemos o fato de que o homem é parte integral do ambiente e que ele somente contribui para a alienação e ruptura do ambiente quando se esquece disso. Pertencer a um lugar quer dizer ter uma base de apoio existencial em um sentido cotidiano concreto.⁵

⁵ Cristian Norberg-Schulz, “O fenômeno do lugar”. Nesbitt, Kate (org.) **Uma nova agenda para a arquitetura**, p. 459

Amana Key

5.1.1 Amana Key - Sala de diálogos de verão

Cotia | São Paulo

Arquitetura:	Leiko Hama Motomura [Brasil]
Cálculo Estrutural:	Natan Levental [Brasil]
Conclusão:	2003

Área construída:	Piso: 150m ² Cobertura: 237 m ²
Espécies de bambu:	<i>Phyllostachys heterocycla</i> <i>Phyllostachys sp</i>
Tratamento dos bambus:	Cozimento no vapor de água

Figura 130: Vista externa. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 131: Vista interna. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 132: Vista interna. Fonte: Leiko Hama Motomura.

“Para este cliente, envolvido com Educação e Desenvolvimento, o cuidado com a identidade empresarial vai muito além da elaboração criteriosa de seu produto, material promocional gráfico ou eletrônico. O ambiente de sua sede deve refletir criatividade, consciência e inovação, em todos os aspectos.

Dentro destes parâmetros, a construção de uma sala de aulas externa de 150 m² no meio de um verde exuberante, nos levou a pensar em uma forma de inserção onde se demonstrasse a importância da parceria com a Natureza: utilização do bambu, material orgânico conhecido de longa data, mas só recentemente redescoberto na arquitetura urbana e contemporânea; 100% de iluminação solar durante o dia; grande vão com estrutura leve e transparente como o espaço entre os galhos das árvores que emolduram o entorno. A sensação que se buscou reproduzir com a cobertura de laminado translúcido e sombreamento com esteiras de bambu foi a da sombra debaixo das árvores onde se mesclam pequenas manchas de sol e sombra”.

Fonte: Leiko Hama Motomura

Figura 133: Planta de cobertura. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 134: Vista lateral. Fonte: Leiko Hama Motomura

corte transversal

Figura 135: Corte transversal. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Acomodada em uma parte mais elevada do terreno e, cercada de vegetação, a estrutura espacial de bambu parece flutuar no jardim. Os pilares de eucalipto mimetizam-se ao entorno, ressaltando a treliça de bambu. A configuração de vários triângulos vazados possibilita a sensação de alternância de ângulos a cada olhar. A cada mudança de posição, o olhar revela uma nova conformação geométrica. A amplitude proporcionada pela ausência de vedações, traz a paisagem circundante para o abrigo da suave cobertura curva, que permite a passagem de feixes de luz através das frestas das esteiras de bambu; a sensação de sombreamento parcial é agradável.

Figura 136: Vista externa. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 137: Det. Cobertura. Fonte: Leiko Hama Motomura.

A treliça espacial é formada por duas malhas sobrepostas, constituídas por quadrados. A malha superior contém três fileiras, com nove quadrados cada. A malha inferior é composta por duas fileiras, com oito quadrados cada. A decisão de fazer a malha superior maior do que a inferior, deu-se em função da necessidade de proteger os colmos externos das intempéries. As duas malhas estão interligadas por colmos nas diagonais, conectados nas extremidades através de peças metálicas. Todos os colmos são independentes uns dos outros, de forma que possam ser retirados e substituídos a qualquer momento. Na parte superior há nove vigas metálicas tubulares, que fazem a curvatura da cobertura. Sobre estas vigas fixou-se uma lona impermeável translúcida; e na parte interna há um forro com esteiras de bambus roliços.

Fig. 138: Início da montagem. Fonte: Leiko H. Motomura.

Fig. 139: Montagem sobre andaimes. Fonte: Leiko H. Motomura.

Fig. 140: Colocação da lona impermeável translúcida. Fonte: Leiko H. Motomura.

Figura 141: Detalhe da cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

O processo de preparação das peças foi executado na própria obra. As peças metálicas são posicionadas nos colmos, que posteriormente são preenchidos com *grout*. Deve haver, no mínimo, 60 cm da haste metálica no interior bambu. As conexões metálicas foram desenhadas e executadas especificamente para este projeto. A fixação entre cada colmo e o nó metálico [peça metálica de conexão], se dá através de parafusos de aço. Realizaram-se testes, em laboratório, verificando a resistência atribuída a cada conjunto: bambu + peça metálica + *grout* [Fig. 142]. Deve-se esperar o tempo de cura do concreto [entre quinze e vinte dias] para iniciar a utilização das peças. Foram utilizados, aproximadamente, 254 colmos.

Fig. 142: Teste laboratório.
Fonte: Leiko Motomura.

Fig. 143: Fixação das hastes metálicas: colocação do *grout*.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 144: Armazenamento das peças durante a cura do concreto.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 145: Estocagem das peças prontas.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

PILARES

Figura 146 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero
Figura 147 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero

Quatro pilares de eucalipto roliço, de reflorestamento, sustentam a treliça espacial de bambu da cobertura. A base de cada pilar está enterrada, cerca de 2 metros, em um buraco preenchido com areia, em cuja base há uma chapa de ferro, fazendo a transição entre o solo e a areia. A parte superior, de cada pilar, contém uma peça metálica que faz a união entre pilar e treliça; esta peça faz a conexão entre dois materiais: eucalipto e bambu.

COBERTURA

Figura 148 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero
Figura 149 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero

A treliça espacial de bambu [da espécie *Phyllostachys heterocycla*, com 10 cm de diâmetro], vence um vão de 16 metros. A conexão entre os colmos se faz através de peças metálicas. Sobre a estrutura de bambu, há vigas metálicas tubulares que permitem a curvatura da cobertura. Uma lona impermeável translúcida está fixada sobre os perfis metálicos. Na face interna há esteiras de bambu [da espécie *Phyllostachys sp* com 2 cm de diâmetro] para obter-se sombreamento do espaço.

ENCAIXES dos BAMBUS no EUCALIPTO

Figura 150 [E]: Fonte:
Leiko Hama Motomura
Figura 151 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero

Na parte superior de cada pilar, de eucalipto, há uma peça metálica encaixada e fixada com parafusos de aço. Nesta peça há “esperas”, de aço, com perfurações para fixação dos parafusos das hastes metálicas fixas nos bambus.

Esta peça, encaixada no eucalipto, também conecta um cabo de aço, que percorre todo o perímetro da estrutura de bambu da cobertura, auxiliando no travamento do sistema estrutural.

CONEXÕES entre BAMBUS

[nó metálico
superior]

Figura 152 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero
Figura 153 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero

A estrutura metálica curva é presa à treliça espacial de bambu, através de conexões metálicas [nós metálicos]. Devido à curvatura da cobertura, os dois pontos de fixação centrais, necessitam de um prolongador de aço, como mostra a imagem [Fig. 152] à esquerda. Já nos pontos das extremidades, a conexão metálica é presa diretamente na estrutura tubular curva da cobertura [Fig. 153]. Nestas conexões estão instaladas as luminárias.

CONEXÕES entre
BAMBUS[nó metálico
inferior]

Figura 154 [E]: Fonte: Leiko
Hama Motomura
Figura 155 [D]: Fonte: Leiko
Hama Motomura

As conexões inferiores, da treliça espacial, se dão através do encaixe das hastes metálicas, inseridas nos colmos, nas peças metálicas [nós metálicos].

Várias voltas de arame recozido, nas extremidades dos colmos, garantem a permanência da forma cilíndrica, mesmo havendo fendilhamento no bambu.

CONEXÕES entre
BAMBUS e peças
METÁLICAS

Figura 156 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero
Figura 157 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero

Os croquis esquemáticos, das figuras 156 e 157, representam o que ocorre internamente nos colmos: as hastes metálicas, com furos nas extremidades, são fixadas nos colmos, com *grout*; o encaixe destas hastes, nas peças metálicas se dá através de parafusos.

Esta conexão metálica possibilita o encontro de vários colmos, em um mesmo ponto da estrutura.

Utilizaram-se quatro tipos de conexões metálicas: nó superior interno; nó superior externo; nó inferior interno e nó inferior externo.

Centro Comunitário Cambury

5.1.2 Centro Comunitário de Cambury

Ubatuba | São Paulo

Arquitetura:	Sven Mouton [Bélgica] ONG Bamboostic [Bélgica]
Cálculo Estrutural:	Khosrow Ghavami [Brasil]
Conclusão:	2006

Área construída:	216 m ²
Espécies de bambu:	<i>Phyllostachys pubescens</i> <i>Dendrocalamus giganteus</i>
Tratamento dos bambus:	Imersão: água e ácido bórico

Figura 158: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A sede do Centro Comunitário de Cambury foi construída com intuito de abrigar atividades educativas e culturais para a comunidade local. A proposta da ONG Bamboostic foi envolver diretamente os moradores no desenvolvimento do projeto, aproveitando o processo construtivo para capacitação e aprendizado de técnicas construtivas com materiais locais, dentre os quais, terra crua e bambu. A ONG Belga contou com o apoio do Instituto Florestal e da Prefeitura de Ubatuba.

Figura 159: Fachada. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 160: Vista externa. Fonte: Mirella Ruggiero.

Figura 161: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 162: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Os bambus foram colhidos e secos na mata local; e como pretendia-se que os moradores continuassem desenvolvendo projetos com bambu, seja na confecção de utensílios e mobiliários, seja na construção de casas, investiu-se na construção do tanque de tratamento. A sede do centro comunitário, foi construída com a participação dos moradores e com materiais que fazem parte daquele lugar. Nesta construção, foram utilizados, aproximadamente, quinhentos colmos.

Fig. 163: Transporte dos bambus. Fonte: Bamboostic.

Fig. 164: Armazenamento dos bambus. Fonte: Bamboostic.

Figura 165: Tanque de tratamento. Fonte: Bamboostic.

A construção principal abriga um salão central, com pé direito generoso, ladeado por salas com funções distintas: biblioteca, sala de brinquedos, sala de aula, sanitários. Anexo está um volume que abriga uma pequena loja de artesanato local.

Paredes de taipa de pilão e tijolos de solo-cimento, pedras e telhas cerâmicas, são os materiais predominantemente utilizados. Externamente quase não se percebe a presença do bambu. Porém, internamente, o bambu torna-se o protagonista.

Fig. 166: Vista externa. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 167: Vista interna. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 168: Vista externa. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 169: Vista interna. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Fig. 170: Det. pilar. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Fig. 171: Vista interna. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Pilares, compostos por quatro colmos de bambu, sustentam a estrutura da cobertura. Estrutura esta, inteiramente construída com bambu, cujos encaixes foram executados com ferramentas manuais.

Os pilares imprimem um ritmo marcante, reforçado pela cadência da estrutura da cobertura. As conexões dos bambus remetem a um intrincado jogo de formas, embora sua natureza seja simples. Evidente a harmonia entre terra e bambu; suas texturas e tons transmitem sensação de acolhimento.

As generosas aberturas possibilitam a integração ao entorno e emolduram a paisagem.

ESTRUTURA da
COBERTURA

Figura 172 [E]: Fonte:
Bamboostic.
Figura 173[D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

As fundações receberam vergalhões de aço, como esperas, onde foram colocados os colmos de bambu. Neste trecho, de aproximadamente 60 cm de vergalhão, foi feito um orifício, com serra copo, no bambu e injetado concreto. As bases dos pilares foram construídas com pedras da região e concreto. Sobre elas, tijolos de solo-cimento, envolvem os quatro colmos dos pilares.

DETALHE da
ESTRUTURA

Figura 174 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 175 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

As figuras 174 e 175 mostram os orifícios, realizados com serra copo, para a inserção de concreto no interior dos colmos. Os próprios discos retirados são aproveitados e recolocados no local. A fixação se dá com cola branca misturada com pó de bambu.

COBERTURA

Figura 176 [E]: Fonte: Bamboostic.
Figura 177 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A cobertura, de duas águas, do salão central, é constituída por uma sequência de sete tesouras, conectadas aos sete pares de pilares laterais. As terças e caibros, também são de bambu; as ripas que apoiam as telhas de barro cozido são de madeira.

VEDAÇÕES:
TAIPA DE PILÃO

Figura 178 [E]: Fonte: Bamboostic.
Figura 179 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Algumas vedações foram executadas em taipa de pilão, sobre baldrame de pedras e concreto. Em algumas situações, os colmos foram inseridos durante a execução da taipa, ficando incorporados à estrutura da parede.

**VEDAÇÕES:
TIJOLOS DE SOLO-
CIMENTO**

Figura 180 [E]: Fonte:
Bamboostic.
Figura 181 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

Foram executados, *in loco*, tijolos de solo-cimento, com prensa manual. Algumas vedações foram executadas com estes tijolos, em diferentes opções de amarrações, justamente pela proposta educativa de construção desta obra.

**ENCAIXES entre
BAMBUS**

Figura 182 [E]: Fonte:
Bamboostic.
Figura 183 [D]: Fonte:
Bamboostic.

A união entre os colmos é feita com parafusos, porcas e arruelas de aço. Furadeiras são utilizadas, tanto para realização dos orifícios, para passagem dos parafusos e barras rosqueadas; quanto na utilização da serra-copo, para confecção dos recortes, nas extremidades dos colmos, para realização dos encaixes.

ENCAIXES entre
BAMBUS

Figura 184[E]: Fonte:
Bamboostic.
Figura 185 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

As figuras 184 e 185 mostram encontros entre colmos, onde um deles, apoia-se em ângulo ao outro; neste colmo [que sai em ângulo], há um recorte, em sua extremidade, para que apoie perfeitamente, no outro colmo. Internamente, peças de aço fazem a união entre as peças.

ENCAIXES entre
BAMBUS

Figura 186: Fonte: Mirella
Nass Ruggiero.

A figura 186 é um *croquis* esquemático, demonstrando o que ocorre internamente na união, com peças metálicas, entre dois colmos; apresenta uma das opções para recorte, denominada boca de peixe.

Fig. 187: Processo construtivo. Fonte: Bamboostic.

Fig. 188: Processo construtivo. Fonte: Bamboostic.

Fig. 189: Processo construtivo. Fonte: Bamboostic.

O processo construtivo durou, aproximadamente, oito meses e envolveu quinze pessoas, entre moradores da comunidade, e integrantes da ONG belga, dentre os quais, Sven Mouton e Hilde Duerinck.

Após a execução das fundações e pilares, as tesouras da cobertura, foram executadas no chão e, posteriormente, levadas à posição final. As peças de bambu, foram protegidas com lona plástica impermeável, durante o processo construtivo. Na figura 190, estão alguns dos envolvidos no processo; e a figura 191 mostra a obra recém concluída.

Figura 190: Construtores. Fonte: Bamboostic.

Figura 191: Obra recém concluída. Fonte: Bamboostic.

Casa do Artesão

5.1.3 Casa do Artesão e Centro de Atendimento ao Turista de Piracaia

Piracaia | São Paulo

Arquitetura:	Ana Regina Borges [Brasil] Nilma Mieko Yamato [Brasil]
Arquitetura/Construção [bambu]:	Celina Llerena [Brasil]
Conclusão:	2008

Área construída:	250 m ²
Espécie de bambu:	<i>Phyllostachys pubescens</i>
Tratamento dos bambus:	Injeção de octoborato de sódio nos entrenós

Figura 192: Fachada: edifício principal. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 193: Fachada: edifício anexo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 194: Edifício anexo. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Fig. 195: Fachada: edifício principal. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A Casa do Artesão e Atendimento ao Turista, resultado da compensação ambiental da duplicação da Rodovia Fernão Dias, foi concretizada pela parceria entre a Prefeitura de Piracaia e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente.

O projeto, que teve como premissa garantir a sustentabilidade no uso dos recursos, materiais e técnicas empregados, é dividido em dois blocos: o edifício principal com 190 m², abriga exposições de artesanato local, além de Centro de Atendimento ao Turista; e o anexo, com 60 m², que possui um pequeno café, com forno à lenha, resgatando as tradições locais.

O conjunto, implantado longitudinalmente à beira da Rodovia, encontra-se elevado em relação à mesma, erguendo-se sobre pilares de eucalipto, que estruturam o deck de madeira. Deck este, que circunda e interliga os dois blocos integrando-os à paisagem, que pode ser avistada a partir da fachada posterior.

A estrutura de eucalipto é aparente, bem como as vedações de tijolos de solo-cimento e fechamentos de bambu, seja na forma de tramas e esteiras, seja na forma natural, roliça. O bambu também está presente nas estruturas das coberturas, que se mantêm aparente externa e internamente.

Fig. 196: Edifício principal. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Fig. 197: Edifício anexo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 198: Edifício principal. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Fig. 199: Edifício principal: vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Fig. 200: Edifício principal: vista interna. Fonte: Celina Llerena.

A cobertura da edificação principal apresenta telhas confeccionadas a partir de aparas de tubos de creme dental; já a cobertura do anexo é constituída por teto verde, com grama. Na edificação principal, a cobertura de duas águas, recebe o apoio dos colmos de bambu que partem da estrutura de eucalipto, abrindo em forma de leque. Alterações nos comprimentos e angulações destes colmos imprimem esta configuração. A presença dos vidros, nas fachadas, entre as paredes de tijolos e a estrutura de bambu, além de permitir entrada de luz natural à edificação, contribui para que a estrutura tenha um papel de destaque, ao mesmo tempo em que se integra aos demais materiais e às linhas do projeto.

<p>ESTRUTURA da COBERTURA</p> <p>Figura 201 [E]: Fonte: Rasbambu Figura 202 [D]: Mirella Nass Ruggiero.</p>			<p>Pilares de eucalipto, conectados às fundações, no pavimento térreo, “perfuram” o deck de madeira e avançam em direção à cobertura, onde encontram as vigas de eucalipto que recebem a estrutura de bambu do telhado.</p>
<p>COBERTURA</p> <p>Figura 203 [E]: Fonte: Rasbambu Figura 204 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.</p>			<p>A estrutura, de bambu, da cobertura é composta de uma sequência de tesouras alinhadas, que apoiam-se nas vigas de eucalipto, que percorrem todo o perímetro da edificação. Sobre os colmos, fixaram-se as telhas recicladas, confeccionadas a partir de embalagens de creme dental. Apoiados nos quatro pilares das extremidades, os colmos saem em ângulos variados, em direção à estrutura da cobertura.</p>

VEDAÇÕES

Figura 205 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 206 [D]: Mirella Nass Ruggiero.

As vedações de tijolos de solo-cimento, são interrompidas na parte superior por panos de vidro; sobre estes recortes, há as vigas de eucalipto, em todo o perímetro, que sustentam a estrutura da cobertura; a partir das vigas, nas fachadas laterais, não há fechamento, apenas a estrutura de bambu, já nas fachadas frontal e posterior, há fechamento com esteiras de bambu.

CONEXÕES entre BAMBUS PARALELOS

Figura 207 [E]: Fonte: Rasbambu
Figura 208 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A união entre bambus paralelos se dá através de parafusos que atravessam transversalmente os colmos. A presença das braçadeiras metálicas, nas extremidades dos colmos ou próximas aos parafusos, garantem a permanência da forma cilíndrica das peças, caso haja fendilhamento nos bambus.

CONEXÕES entre BAMBUS em ÂNGULOS

Figura 209 [E]: Fonte:
Rasbambu
Figura 210 [D]: Fonte:
Rasbambu

A figura 210 mostra um detalhe da tesoura: dois colmos paralelos estão conectados, em ângulo, à peça vertical. Nas extremidades dos colmos paralelos, foram realizados recortes a fim de propiciar o encontro adequado entre as peças; é importante que as peças tenham ampla área de contato, para que haja a correta transferência de esforços na estrutura. Internamente há peças de aço: ganchos e parafusos, garantem a perfeita união dos colmos. Externamente as braçadeiras metálicas mantêm a forma dos colmos.

Centro de Cultura
Max Feffer

5.1.4 Centro de Cultura Max Feffer

Pardinho | São Paulo

Arquitetura:	Leiko Hama Motomura [Brasil]
Cálculo Estrutural:	Natan Leventhal [Brasil]
Conclusão:	2008

Área construída:	1.651 m ²
Espécie de bambu:	<i>Guadua chacoensis</i>
Tratamento dos bambus:	Imersão: água e pentaborato de sódio

Figura 211: Fachada Lateral Esquerda. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

O Centro de Cultura Max Feffer foi construído pelo Instituto Jatobás, responsável pelo Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Município de Pardinho. Situado numa praça, cedida pela Prefeitura, abriga biblioteca, sala para reuniões, sala de informática, espaço para oficinas e espetáculos artísticos, cujo palco, localizado na extremidade da edificação, é vislumbrado pela plateia, que ao ar livre, acomoda-se no declive natural do terreno.

Figura 212: Fachada Posterior: Palco. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 213: Pav. Superior. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Figura 214: Pavimento Superior. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 215: Pav. Superior. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Figura 216: Implantação. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 217: Planta Pavimento Térreo. Fonte: Leiko Hama Motomura

Figura 218: Planta Pavimento Superior. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 219: Fachada Leste. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 220: Fachada Norte. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 221: Fachada Oeste. Fonte: Leiko Hama Motomura.

O edifício é constituído por dois pavimentos. No térreo, as vedações são de tijolos de solo-cimento [utilizados como elemento vazado], blocos de concreto celular e laje de concreto, que abriga o programa descrito. O pavimento superior abriga uma praça suspensa, integrada à paisagem e vegetação circundante, cuja cobertura, executada com bambu, apoia-se em pilares de eucalipto, que partem desde o térreo, configurando esta estrutura independente.

Figura 222: Det. Fachada Lat. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Figura 223: Det. Cobertura. Fonte: Leiko Hama Motomura.

A cobertura é composta por duas águas, porém seu grande trunfo é sua sinuosidade. Variações dos ângulos e comprimentos das mãos francesas, de bambu, produzem a ondulação da cobertura longitudinalmente.

Figura 224: Det. Cobertura. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Sobre a estrutura de bambu, uma faixa de telhas transparentes permite a passagem de luz natural por toda extensão lateral. A proximidade destas, com as telhas opacas, de fibra vegetal, proporcionam um jogo de luz e sombras, cheios e vazios; ressaltados pela disposição dos colmos de bambu, responsáveis pela organicidade da ondulação, imprimindo ritmo e movimento intensos.

Figura 225: Croquis: detalhe da cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 226: Croquis: detalhe da cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

As longarinas metálicas estão presas às vigas de bambu, através de braçadeiras metálicas. Estas braçadeiras cumprem duas funções: fixação das longarinas nos colmos e anel preventivo ao fendilhamento.

Detalhes específicos foram pensados para permitirem as seguintes situações: troca individual dos colmos; prolongamento do comprimento dos colmos [afim de vencer o vão necessário]; e conseguir a ondulação desejada. Conexões articuladas permitem a ondulação da cobertura. A cada três colmos, há uma barra de aço conectando-os. São estas barras que possibilitam a curvatura da cobertura. Os esforços nos colmos, fazem com que as barras curvem-se, conformando a ondulação. As barras estão inseridas em cilindros de aço, cujos diâmetros são maiores do que os delas. Estes cilindros protegem a parte interna dos colmos. Para possibilitar a troca de um único colmo, a barra deve ser retirada; para isso ocorrer, os colmos ao lado [deste conjunto de três colmos unidos por uma barra], também têm orifícios e cilindros de aço, para permitirem que a barra atravessasse-os e, assim, o colmo pode ser retirado e substituído [conforme mostra a figura 226].

Figura 227: Detalhe cobertura. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 228: Detalhe cobertura. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

A espécie utilizada, *Guadua chacoensis*, foi escolhida em função da resistência mecânica de suas paredes, característica que atende à solicitação requerida: vencer grandes vãos [suas paredes são mais grossas que as do *Phyllostachys pubescens* [Moso], por exemplo, apesar de seus diâmetros serem aproximadamente semelhantes].

Devido à grande quantidade de colmos necessários, além da característica da espécie, houve a necessidade de importar os bambus. Os colmos foram retirados da Mata Nativa, no Paraguai e tratados por imersão, em uma solução aquosa de pentaborato de sódio [ácido bórico + bórax], durante cinco dias. Foram utilizados, aproximadamente: 650 colmos [de 6,50 m], 312 colmos [de 4,50 m] e 312 colmos [de 4,0 m], com diâmetros, aproximados, de 10 cm. Após o tratamento preventivo e secagem, aplicou-se *Stain* para garantir a durabilidade [há necessidade de reaplicá-lo uma vez ao ano].

ESTRUTURA da
COBERTURA

Figura 229 [E]: Mirella Nass
Ruggiero.
Figura 230 [D]: Mirella Nass
Ruggiero.

Pilares de eucalipto, conectados às fundações, no pavimento térreo, “perfuram” a laje de concreto e avançam em direção à cobertura, onde encontram as vigas de eucalipto que recebem a estrutura de bambu do telhado.

COBERTURA

Figura 231 [E]: Mirella Nass
Ruggiero.
Figura 232 [D]: Fonte: Leiko
Hama Motomura

A cobertura é revestida com telhas de fibra vegetal [brancas na face externa]; na direção longitudinal, há uma faixa de telhas de policarbonato [translúcidas]. Braçadeiras metálicas fixam os perfis metálicos nos colmos; as telhas estão fixadas em colmos mais finos [que são uma complementação de apoio das telhas sobre as longarinas] presos sobre os perfis metálicos.

VEDAÇÕES

Figura 233 [E]: Fonte: Leiko Hama Motomura
Figura 234 [D]: Mirella Nass Ruggiero.

Alvenaria composta por blocos de concreto celular revestidos; alvenaria aparente com tijolos solo-cimento, dispostos como elemento vazado, propiciando ventilação natural e tijolos de demolição.

ENCAIXES dos BAMBUS no EUCALIPTO

Figura 235 [D]: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 236 [E]: Mirella Nass Ruggiero.

No colmo há uma barra de aço, inserida em um tubo de aço, atravessando-o transversalmente. Esta barra recebe um gancho, de aço, inserido verticalmente no eucalipto. Este trecho do colmo é preenchido com *grout*. Estas ferragens internas unem as peças de eucalipto e bambu, aproximando-as uma contra a outra, garantindo a transmissão dos esforços, através do contato total entre ambas.

CONEXÕES entre BAMBUS em ÂNGULOS

[mãos-francesas]

Figura 237 [E]: Mirella
Nass Ruggiero.
Figura 238 [D]: Mirella
Nass Ruggiero.

A estrutura é uma modulação a partir de três colmos: a mão-francesa, engastada ao eucalipto, tem uma angulação específica e está interligado aos dois colmos laterais [vigas da cobertura] através de uma barra de aço.

CONEXÕES entre BAMBUS PARALELOS

[emendas de vigas para vencer os vãos]

Figura 239 [E]: Mirella
Nass Ruggiero.
Figura 240 [D]: Mirella
Nass Ruggiero.

Houve a necessidade de vencer um vão maior do que o comprimento do colmo; por isso, a junção entre dois colmos deu-se de forma que um trecho da extremidade inicial de um colmo, fosse posicionado paralelamente a um trecho, de mesma medida, na parte inferior do outro colmo. A união entre ambos é feita através de barras de aço, ligando-os transversalmente.

Figura 241: Pavimento superior. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 242: Detalhe cobertura. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

A solução estrutural, com esforços distribuídos, possibilita que a troca de cada peça ocorra de forma que o restante da estrutura fique incólume. Pode-se retirar uma peça sem afetar as demais. Todas as peças estão preparadas para a troca. Não há nenhuma peça com sobrecarga estrutural.

Braçadeiras de nylon, posicionadas próximas aos orifícios executados para instalação das ferragens, têm a função de garantir a forma cilíndrica do colmo, caso haja fendilhamento no mesmo. Garantir sua forma é garantir a estrutura.

Figura 243: Pavimento superior. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 244: Pavimento superior. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 245: Fachada posterior. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 246: Fachada principal. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

A concretização deste projeto contou com a inter-relação entre arquiteta, engenheiro calculista e marceneiro/construtor. O diálogo existente entre todos os envolvidos propiciou a troca de conhecimentos, oriundos das características, potencialidades e experiências de cada um, culminando em respostas e soluções que possibilitaram o pleno desenvolvimento do projeto, evidenciando a importância da relação mútua entre teoria e prática.

CES

Alphaville

5.1.5 Centro Educacional para a Sustentabilidade - CES – Alphaville

Santana de Parnaíba | São Paulo

Arquitetura:	Marcelo Todescan [Brasil] Frank Siciliano [Brasil]
Construção [bambu]:	Robert Harris (Zumm) [Brasil]
Ano de Conclusão:	2008

Área construída:	288 m ²
Espécie de bambu:	<i>Dendrocalamus giganteus</i> <i>Phyllostachys pubescens</i> <i>Phyllostachys aurea</i>

Figura 247: Fachada. Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Figura 248: Implantação. Fonte: CRIS – Centro de Referência e Integração em Sustentabilidade.

O Centro Educacional para a Sustentabilidade Alphaville tem como objetivo a disseminação de técnicas e práticas que propiciem benefícios sociais, ambientais e econômicos, com fins educacionais. Foi iniciativa da Fundação Alphaville, em parceria com o Centro de Referência e Integração em Sustentabilidade (CRIS) e com a Prefeitura de Santana de Parnaíba. Integrou uma equipe multidisciplinar nas áreas de bioconstrução, manejo de água e energia renovável. Antes e durante toda a implantação foram oferecidas oficinas sobre técnicas sustentáveis, contando com o apoio do GAIA EDUCATION para esse trabalho. O GAIA foi criado pelos profissionais de Findhorn Ecovillage que está ligado à ONU, Organização das Nações Unidas.

Figura 249: Croquis: Marcelo Todescan. Fonte: CRIS – Centro de Referência e Integração em Sustentabilidade.

“Ao observar a natureza percebemos um imenso e harmonioso conjunto de formas arredondadas e espiraladas. As montanhas, os caminhos dos rios, o movimento das nuvens, das ondas do mar, as órbitas do Sol e da Lua, as raízes e as copas das árvores, tudo perfeitamente organizado. O desenho arquitetônico do CES foi inspirado nos padrões da natureza, desde a sua forma até os sistemas implantados. A observação cuidadosa da paisagem local permitiu o planejamento de uma estrutura que se harmoniza com o contexto em que a mesma se insere. A forma do CES pode ser interpretada como uma asa de pássaro, uma borboleta, uma meia Lua e com outros desenhos, de acordo com a imaginação de cada um. Deixar espaço para a imaginação contribui para o processo educacional, pois faz com que o observador da construção sintam-se também um participante do resultado final. Segundo Marcelo Todescan, arquiteto, responsável pelo desenho arquitetônico do CES, ‘A Natureza do local queria dar asas’. Para assimilar as formas da natureza é preciso cultivar observação, sensibilidade e criatividade.”

Fonte: CRIS – Centro de Referência e Integração em Sustentabilidade.

Figura 250: Processo construtivo: vista interna Fonte: CRIS .

O projeto teve como premissa a utilização de materiais sustentáveis, dentre os quais: tijolos de solo-cimento, revestimentos de casca de coco e de sementes de babaçu, vidro reciclado, cacos de cerâmica para mosaico, piso de pneu reciclado, placas confeccionadas com aparas de tubo de creme dental e de embalagens longa vida, dentre outros; tais materiais foram doados pelas empresas que os produzem.

Figura 251: Divisórias internas: painéis de placas recicladas e estrutura de bambu. Fonte: CRIS .

Figura 252: Divisórias internas com pedaços de colmos. Fonte: CRIS .

Figura 253: Fachada posterior. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 254: Fachada posterior. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 255: Fachada posterior. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Figura 256: Fachada posterior. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

O edifício, de conformação orgânica, é composto por pilares de eucalipto, vedações de tijolos de solo-cimento e terra crua, cobertura verde e estrutura da cobertura de bambu. Estrutura esta, composta por peças de 12 metros de comprimento, que dão sustentação para a cobertura como um todo; além de outras peças de bambu, com variações de comprimento e angulação, que compõem as triangulações espaciais, apoiadas nos pilares de eucalipto, configurando o beiral, cujo forro foi confeccionado com esteiras de bambu.

Fig. 257: Vista interna. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Fig. 258: Vista interna. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

Fig. 259: Vista externa. Fonte: Marcello Ruggiero.

Fig. 260: Vista externa. Fonte: Marcello Nass Ruggiero.

A estrutura de bambu aparente e a presença de vidros nas fachadas fazem a transição entre exterior/interior; o bambu como elemento que se repete dentro e fora, cria ritmo; e o vidro, traz para o interior do edifício a paisagem do entorno e, ao mesmo tempo, permite a passagem de luz natural, possibilitando jogos de luz e sombras com a própria estrutura de bambu. O ritmo também é evidenciado pela repetição da conformação geométrica dos bambus que estruturam as placas de vidro. Paredes revestidas com elementos naturais, como a semente de babaçu, cuja delicadeza contrapõe-se à presença marcante da estrutura, harmonizam o conjunto. A cobertura verde, plana, em forma de leque, pousa suavemente sobre a edificação, abraçando um elemento cilíndrico, elemento este que se repete na outra extremidade, configurando, assim, dois contrapontos - que têm a terra como elemento constituinte - à presença predominante do bambu, da madeira e do vidro.

<p>ESTRUTURA da COBERTURA</p> <p>Figura 261 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade Figura 262 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.</p>			<p>Toda a estrutura da cobertura, com bambu, sustenta-se nos pilares e vigas de eucalipto roliço, distribuídos em todo o perímetro da construção; ambos seguem a conformação sinuosa da construção; os espaçamentos, entre pilares, são constantes.</p>
<p>COBERTURA</p> <p>Figura 263 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade Figura 264 [D]: Fonte: CRIS Sustentabilidade.</p>			<p>Foram utilizadas três espécies de bambu: <i>Dendrocalamus giganteus</i>, cujas peças de 12 m de comprimento dão sustentação para o telhado inteiro; <i>Phyllostachys pubescens</i>, utilizado nas triangulações espaciais; e <i>Phyllostachys aurea</i>, utilizado nas demais estruturas. Sobre a estrutura fixaram-se esteiras de bambu, servindo como forro, tanto internamente, quanto nos beirais. Sobre as esteiras, houve a colocação da geomenbrana, pela Sansuy e equipe da construção, para a implantação do telhado com grama.</p>

COBERTURA

Figura 265 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 266 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

O bar e a cozinha experimental têm uma cobertura independente. A estrutura é de bambu. Sobre os colmos há uma lona impermeável translúcida. A fixação se dá através de amarrações envolvendo os colmos e transpassando por orifícios na lona.

VEDAÇÕES

Figura 267 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade
Figura 268 [D]: Fonte: CRIS Sustentabilidade.

Algumas vedações externas foram executadas com *esterillas* de bambu: os colmos são cortados longitudinalmente e abertos, gerando esteiras. Estas esteiras foram fixadas nos colmos estruturais e, posteriormente, aplicou-se revestimento de pastilhas da casca da semente de babaçu [da Ekobe].

VEDAÇÕES

Figura 269 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade
Figura 270 [D]: Fonte: CRIS Sustentabilidade

Em algumas vedações externas, fez-se uma malha de arame, fixa à estrutura de eucalipto; em alguns espaços, da malha, foram colocados pedaços de troncos de madeira; posteriormente, os vãos foram preenchidos com terra crua e a parede caiada.

VEDAÇÕES

Figura 271 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade
Figura 272 [D]: Fonte: CRIS Sustentabilidade.

Algumas vedações externas foram executadas com ferrocimento e, posteriormente, receberam pintura branca.

VEDAÇÕES

Figura 273 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade
 Figura 274 [D]: Fonte: CRIS Sustentabilidade

Os dois volumes cilíndricos, localizados nas fachadas frontal e posterior, abrigam respectivamente: sala de reuniões e sanitários. Ambos foram construídos com tijolos de solo-cimento.

VEDAÇÕES

Figura 275 [E]: Fonte: CRIS Sustentabilidade
 Figura 276 [D]: Fonte: CRIS Sustentabilidade.

Algumas vedações foram executadas com tiras de bambus trançados, revestidos com terra crua.

**CONEXÕES entre
BAMBUS**

Figura 277 [E]: Fonte: CRIS
Sustentabilidade
Figura 278 [D]: Fonte: CRIS
Sustentabilidade.

As uniões entre os colmos deram-se através de recortes e inserção de peças metálicas internas para a conexão das duas peças. A figura 278 mostra o encaixe boca de peixe: no colmo onde há o recorte referido, fixou-se um parafuso transversalmente; no outro colmo, fixou-se um gancho, transversalmente, que conecta-se ao parafuso.

**CONEXÕES entre
BAMBUS**

Figura 279: Fonte: Marcello
Nass Ruggiero.

Entre os colmos dispostos longitudinalmente, há pequenas peças posicionadas transversalmente, cuja função é proporcionar o travamento da estrutura com um todo.

Pavilhão
Mairiporã

5.1.6 Pavilhão Mairiporã

Mairiporã | São Paulo

Arquitetura:	Francisco Lima [Brasil]	Área construída:	180 m ²
Construção:	Bruno Azevedo [Brasil] Murilo Marconde Silva [Brasil]	Espécies de bambu:	<i>Dendrocalamus giganteus</i> <i>Phyllostachys pubescens</i>
Ano de Conclusão:	2014	Tratamento dos bambus:	Tanino por capilaridade; Imersão em solução aquosa de octoborato de sódio + sulfato de cobre + cipermetrina;

Figura 280: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Localizado em um sítio, este pavilhão foi idealizado como um espaço para receber os amigos. O partido arquitetônico adotado foi a integração total ao entorno; não há vedações, apenas a estrutura de bambu que sustenta a cobertura. No vão central, cujo pé direito é generoso, a cobertura é composta por duas águas. Percorrendo todo o perímetro da construção, exceto na fachada posterior, há outra cobertura, de apenas uma água, com pé direito inferior ao do vão central; esta diferença de altura entre a cobertura central e as demais, permite a ventilação e iluminação naturais; além de propiciar os recortes que emolduram a paisagem circundante.

Figura 281: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 282: Det. cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Externamente a construção pode transmitir aparente simplicidade; porém, internamente a estrutura de bambu faz-se imponente. A sequência de pórticos cria ritmo acentuado e geometria definida. Os recortes na cobertura permitem avistar a paisagem, reforçando a integração à vegetação circundante, que já se faz presente pela ausência de vedações. A luz natural, que atravessa os recortes, invade o ambiente criando efeitos de luz e sombra, acentuando o ritmo da estrutura. Triângulos e ângulos ora são revelados, ora velados, instigando o olhar atento às suas formas e conformações. Partindo de uma premissa simples, o esmero na elaboração estrutural equilibra força e sutileza. A execução minuciosa dos encaixes, revela a beleza do encontro entre as peças e a inter-relação que envolve cada elemento. A harmonia no conjunto da composição, também se faz presente nos detalhes.

Figura 283: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 284: Det. cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 285: Corte longitudinal. Fonte: Francisco Lima.

Figura 286: Corte transversal. Fonte: Francisco Lima.

Figura 287: Vista frontal. Fonte: Francisco Lima.

Figura 288: Processo construtivo. Fonte: Francisco Lima.

Figura 289: Processo construtivo. Fonte: Francisco Lima.

A decisão de realizar a construção deste pavilhão com a utilização de bambu partiu do proprietário que, após a participação em alguns cursos sobre o assunto, decidiu iniciar a construção. Foram colhidos colmos de bambu gigante [*Dendrocalamus giganteus*] e de bambu Moso [*Phyllostachys pubescens*] nos sítios vizinhos; fez-se a cura dos colmos na mata e, posteriormente, iniciou-se os tratamentos preventivos. O primeiro tratamento adotado foi a introdução de tanino por capilaridade: durante quarenta dias, os colmos ficaram inseridos verticalmente, em baldes cheios de tanino, de forma que, por capilaridade, a substância foi penetrando nos colmos de forma ascendente. Para alguns estudiosos, apenas este tratamento seria suficiente para impedir o ataque de insetos e microorganismos. Mas, decidiu-se realizar outro procedimento assimilado nos cursos: imersão em solução aquosa de octoborato de sódio + sulfato de cobre + cipermetrina. Os colmos ficaram imersos em um tanque com esta solução durante trinta dias. Posteriormente, foram acomodados verticalmente para secarem. Depois de secos, foi realizada a limpeza com pano seco e esponja de aço. O último processo foi a aplicação de verniz de madeira.

Após a realização deste processo preventivo, deu-se início à execução das fundações. Concluída esta etapa, o proprietário sentiu necessidade da intervenção de um técnico, com mais experiência na realização de construções com bambu. Depois de alguns contatos, conheceu o arquiteto Francisco Lima que dispôs-se a realizar o projeto. O primeiro passo, foi realmente desenvolver-se o projeto. Francisco optou por utilizar as fundações já concretadas e desenvolveu o projeto partindo dos espaçamentos entre pilares existentes. Os marceneiros, Bruno Azevedo e Murilo Marconde, ficaram incumbidos da execução da obra, contando com o auxílio dos proprietários e mais um auxiliar.

Figura 290: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 291: Murilo Marconde [E], Francisco Lima [C], Bruno Azevedo [D]. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 292: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 293: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 294: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Utilizou-se o *Dendrocalamus giganteus* para a execução de todos os pilares e estrutura da cobertura. Os colmos tinham, aproximadamente, entre 13 a 18 cm de diâmetro. Para as terças, caibros e ripas utilizou-se o *Phyllostachys pubescens*, cujos diâmetros aproximados variam de 8 a 12 cm. Os colmos mediam, aproximadamente, entre 6 e 8 m de comprimento. Foram utilizadas cerca de 300 peças.

A primeira etapa da execução foi a fixação dos pilares nas fundações. As fundações de concreto tinham “esperas” de barras de aço; os colmos foram posicionados, verticalmente, de forma que as barras pudessem ser inseridas nas bases dos mesmos. Posteriormente, injetou-se concreto da parte interna dos colmos; desta forma, fez-se a união entre concreto e aço da fundação, com o concreto e aço da parte interna do bambu. Para injetar-se concreto no colmo, fez-se um orifício circular, com serra copo; após finalizado este procedimento, o disco retirado, era recolocado e fixado no mesmo local.

Figura 295: Vista interna. Fonte: Bruno Azevedo.

Figura 296: Vista interna. Fonte: Bruno Azevedo.

Fig. 297: Det. escada. Fonte: B. Azevedo.

Fig. 298: Det. escada. Fonte: B. Azevedo.

Fig. 299: Det. escada. Fonte: B. Azevedo.

Após a execução dos pilares, foram construídos os pórticos centrais no chão, os quais foram içados para a posição final. Fixaram-se as terças, que conectaram-se aos pórticos. O pórtico frontal foi o último a ser finalizado. Estrutura concluída, foram instaladas as telhas Ecotop, confeccionadas a partir da reciclagem de aparas industriais de fabricação de tubos de pasta de dente. As ligações entre os colmos deram-se através de encaixes, denominados “boca de peixe”, confeccionados manualmente e fixados com barra rosqueada e arruelas. Posteriormente foram executados o mezanino e a escada de acesso, cujos pisos são de tábuas de madeira.

FUNDAÇÃO

Figura 300 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 301 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

Manilhas de concreto foram utilizadas como fundação: há barras de aço inseridas nas manilhas e deixadas como arranques, para que penetrem nos colmos. Tanto o interior das manilhas, quanto dos colmos, são preenchidos com *groute*. A parte da manilha que encontra-se externamente, tem a função de distanciar o bambu do solo, evitando-se, assim, a umidade proveniente do mesmo.

ESTRUTURA da COBERTURA

Figura 302 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 303 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

A estrutura é composta por 4 pilares alinhados, distribuídos em 7 fileiras, com vãos de aproximadamente 3 m, entre cada fileira. O vão central tem 5 m de largura e os laterais, aproximadamente 2 m. Os pilares centrais sustentam as tesouras do pórtico principal e conectam-se às estruturas das coberturas secundárias que percorrem as laterais da construção, exceto na fachada posterior. O sistema de pilares e mãos-francesas, para as terças, foi adotado em toda a estrutura da cobertura.

COBERTURA

Figura 304 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 305 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Toda estrutura da cobertura é composta por colmos de bambu. Foram utilizadas telhas Ecotop, [confeccionadas a partir da reciclagem de aparas industriais de fabricação de tubos de pasta de dente]; as telhas foram fixadas diretamente nos colmos, com parafusos de aço. A inclinação do telhado é de 70%.

CONEXÕES entre BAMBUS

Figura 306 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 307 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A figura 306 mostra o detalhe do encaixe denominado boca de peixe. Esta solução é utilizada no encontro entre um colmo na posição horizontal e outro, na posição vertical. Internamente, a conexão se dá através de um gancho, na vertical, e um parafuso, na horizontal. O parafuso atravessa transversalmente o colmo. A figura 307 é um *croquis* esquemático representando o que ocorre internamente. Pode-se observar que a união entre colmos no mesmo sentido se dá através de parafuso apenas. A precisão na execução do encaixe é extremamente importante para que haja contato suficiente entre os colmos e, dessa forma, os esforços sejam transmitidos corretamente.

CONEXÕES entre
BAMBUS

Figura 308 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 309 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

A figura 309 é um *croquis* esquemático demonstrando a solução adotada para o prolongamento da estrutura. Quando há a necessidade de vencer um vão maior do que o comprimento do colmo, há que se emendar duas peças, para isso, é importante que haja um trecho de sobreposição e fixação de ambas, com parafusos transversais.

CONEXÕES entre
BAMBUS

Figura 310 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 311 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

A figura 310 mostra a mão-francesa dupla: esta solução é adotada para que haja distribuição dos esforços e cargas transmitidas estruturalmente. Na figura 311 pode-se observar um pequeno colmo, na horizontal; esta peça tem a função de distribuir e transmitir esforços.

Residência Piracaia

5.1.7 Residência Piracaia

Piracaia | São Paulo

Arquitetura:	Tomaz Lotufo [Brasil]
Construção [bambu]:	Celina Llerena [Brasil] Eliézio e José [Brasil]
Em construção:	2014

Área construída:	200m ²
Espécies de bambu:	<i>Phyllostachys pubescens</i>
Tratamento dos bambus:	Injeção nos entrenós: octoborato de sódio + cipermetrina + ddvp [inseticida organofosforado]

Figura 312: Fachada noroeste. Fonte: Tomaz Lotufo.

Fig. 313: Fachada posterior. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Fig. 314: Fachada norte. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Implantada em um lote da Ecovila Clareando, cujas premissas para suas construções são a utilização de recursos naturais de forma sustentável, esta residência tirou partido destas proposições, mesclando técnicas distintas na utilização da terra crua e valendo-se do bambu como elemento estrutural da cobertura; prevendo sistemas de captação da água da chuva e reutilização de água.

Fig. 315: Planta. Fonte: Tomaz Lotufo.

Fig. 316: Corte longitudinal. Fonte: Tomaz Lotufo.

Fig. 317: Vista aérea. Fonte: Tomaz Lotufo.

Fig. 318: Fachada posterior. Fonte: Tomaz Lotufo.

Acomodada no terreno, cujo declive é acentuado, a casa integra-se à paisagem circundante através de generosas aberturas nas fachadas laterais e posterior; nesta face a vista é privilegiada. As conformações de abóbodas, das coberturas, sugerem as formas das montanhas ao longe e internamente criam sensação de acolhimento; sensação que é despertada, também, pelas presenças das variadas texturas das vedações, com terra; e do bambu, cuja geometria estrutural é evidenciada pelo contraste com o forro branco.

Fig. 319: Fachada norte. Fonte: Tomaz Lotufo.

Fig. 320: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 321: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 322: Bambus. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 323: Tomaz Lotufo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 324: Detalhe cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 325: Detalhe cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

ESTRUTURA

Figura 326 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 327 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

Pilares e vigas de concreto.

COBERTURA

Figura 328 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 329 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

A estrutura da cobertura, de bambu, apoia-se nas vigas de concreto. Sobre os colmos, fixaram-se as telas metálicas para execução da cobertura em ferrocimento.

VEDAÇÕES

Figura 330 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 331 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

As vedações foram executadas com terra crua, valendo-se de duas técnicas: tijolos de solo-cimento e adobe ensacado.

ENCAIXES entre
BAMBUS

Figura 332 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 333 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

Encaixes do tipo boca de peixe e outras variantes, foram utilizados para a união entre os colmos. Internamente, as peças de aço fazem a conexões entre dois colmos; externamente, utilizaram-se arruelas e porcas.

**ENCAIXES entre
BAMBUS**

Figura 334 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 335 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

Os mesmos sistemas de encaixes [descritos anteriormente], possibilitam a união entre os colmos em diferentes angulações.

**EXECUÇÃO dos
ENCAIXES**

Figura 336 [E]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.
Figura 337 [D]: Fonte:
Mirella Nass Ruggiero.

Os recortes, nas extremidades dos colmos, são realizados com serra-copo acoplada à furadeira [figura 336].

A figura 337 mostra o desenho do recorte em execução.

Aeroporto Barajas

5.3.1 Aeroporto de Barajas - Terminal T4

Madri | Espanha

Arquitetura:	Estudio Lamela Arquitectos [Espanha] Richard Rogers Partnership [Inglaterra]
Conclusão:	2006

Área construída:	470.000 m ²
------------------	------------------------

Figura 440: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 441: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Neste projeto, foram utilizadas réguas de bambu laminado. A estrutura metálica da cobertura tem uma conformação sinuosa, ondulante, e o bambu molda-se nesta forma orgânica, de maneira tão integrada, contribuindo para a harmonia do projeto. Os pilares têm um desenho forte e estão pintados com cores marcantes; as lâminas de bambu curvam-se e fazem a ligação entre eles. O ritmo imposto pelos pilares é bem definido e o espaçamento entre as lâminas de bambu contribui para esta demarcação e, ao mesmo tempo, permite um sutil respiro, reforçado pelas grandes aberturas circulares no teto, que permitem olhar o céu. As fachadas laterais também proporcionam iluminação natural abundante e o contato visual com o exterior. Um eixo central composto pela transparência das circunferências alinhadas e reforçado pelos pilares, que embora alinhados e demarcando um ritmo constante, ao mesmo tempo, proporcionam movimento na medida em que modificam sua forma em direção ao topo.

Figura 442: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Os pilares laterais têm base de concreto, na mesma tonalidade do piso, um tom médio de cinza, proporcionando uniformidade ao ambiente. Mas a variação cromática da estrutura metálica, que passa por vários tons de azul, verde, amarelo e laranja, além de criar movimento, gerar interesse, auxilia na percepção da configuração do espaço. O tom dourado do bambu equilibra o espaço como um todo. O generoso pé direito, a luz natural, que penetra no ambiente, e o movimento sinuoso da cobertura, são as principais características que, ao percorrer e vivenciar este espaço, transmitem sensações agradáveis e inesquecíveis.

Residência

Gent

5.3.2 Residência Gent

Gent | Bélgica

Arquitetura:	Sven Mouton [Bélgica]
Construção:	Sven Mouton [Bélgica] Hilde Duerinck [Holanda]
Conclusão:	2011

Área construída:	180 m ² principal 90 m ² anexo
Espécie de bambu:	<i>Phyllostachys edulis</i>
Tratamento dos bambus:	Imersão em octoborato de sódio

Figura 443: Vista interna: estrutura da cobertura. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 444: Vista externa. Fonte: Sven Mouton.

Fig. 445: Vista do entorno. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 446: Pátio interno. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A reforma desta residência teve como premissa a integração exterior/interior. O pátio interno é o elemento centralizador, interligando os espaços e fazendo a transição aos diferentes usos propostos: a construção principal abriga o escritório do casal; cozinha / copa destinada aos hóspedes [no sistema *Bed and Breakfast*]; e três suítes, para hóspedes, nos andares superiores. Um corredor ladeia o pátio e conduz ao anexo que abriga a residência do casal: cozinha e sala de estar integradas; dormitório dos filhos e sanitário; e na parte superior, dormitório do casal. As generosas aberturas deste anexo, integram-no ao pátio e ao restante da edificação. Na parte superior as aberturas estão dispostas nas águas da cobertura, possibilitando a entrada de luz natural e a conexão visual com o céu. O pátio aberto e o teto verde são respiros no denso tecido urbano que beneficiam, também, os vizinhos com iluminação e ventilação naturais, além da presença do verde.

Figura 447: Escritório. Fonte: Sven Mouton.

Fig. 448: Corredor. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 449: Pátio interno. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 450: Vista externa: anexo. Fonte: Sven Mouton.

Figura 451: Vista interna: anexo. Fonte: Sven Mouton.

Fig. 452: Anexo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 453: Suíte hóspedes. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 454: Suíte casal. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 455: Suíte casal. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 456: Suíte hóspedes. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A proposta do arquiteto foi evidenciar os elementos construtivos existentes, principalmente os tijolos, e acentuar a distinção entre os novos materiais empregados, como bambu e vedações de *drywall*. A estrutura da cobertura, tanto da construção principal, quanto do anexo, foi executada com colmos e conexões metálicas; os bambus ficam aparentes, internamente, nos ambientes fazendo a transição entre os materiais mais brutos, como os tijolos antigos aparentes e os novos fechamentos leves.

Figura 457: Antigo anexo: vista interna. Fonte: Sven Mouton.

Figura 458: Antigo anexo: vista externa. Fonte: Sven Mouton.

Figura 459: Fachada principal. Fonte: Sven Mouton.

Figura 460: Anexo: processo construtivo. Fonte: Sven Mouton.

Figura 461: Anexo: processo construtivo. Fonte: Sven Mouton.

Fig.462: Const.principal. Fonte: Sven Mouton.

O corredor tem como cobertura um teto verde, cuja estrutura de sustentação se dá através de pilares, compostos por quatro colmos, conectados às fundações através de conexões metálicas. As estruturas das coberturas da edificação principal, bem como do anexo, são compostas por duas águas e executadas inteiramente com bambu. Os colmos ficam aparentes internamente e são conectados, uns aos outros, através de peças metálicas. A conformação geométrica da estrutura se apresenta na forma de triangulações variadas, ressaltadas pelo contraste da tonalidade natural do bambu ao fundo branco, do forro de *drywall*. A presença de iluminação natural, advinda dos recortes na cobertura, no caso do anexo, e das aberturas nas vedações, no caso da edificação principal, integram o ambiente externo ao interno. A presença do elemento natural [bambu], cria um ambiente acolhedor à medida em que nos aproxima da natureza. O desenho limpo da estrutura e as conexões delgadas, evidenciam a possibilidade da utilização um material natural, com uma linguagem contemporânea, em uma residência urbana.

Fig. 463: Estrutura cobertura: suíte hóspedes. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 464: Cobertura: anexo. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 465: Cobertura: suíte hóspedes. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

PILARES

Figura 466 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 467 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Os pilares são compostos por quatro colmos; em suas extremidades, há hastes metálicas, inseridas e fixas com concreto, que conectam-nos à fundação de concreto [extremidade inferior] e à laje de concreto [extremidade superior]; as conexões de ambas, dão-se através de peças metálicas fixas ao concreto.

COBERTURA

Figura 468 [E]: Fonte: Sven Mouton.
Figura 469 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

As coberturas, de duas águas, são fixas às vigas metálicas presentes nas vedações externas. A fixação entre os colmos [da estrutura da cobertura] e as vigas metálicas, se dá através de hastes metálicas [inseridas nas extremidades dos colmos e fixas com concreto].

CONEXÕES METÁLICAS

Figura 470 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 471 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A figura 470 mostra a fixação do colmo na viga metálica [embutida na parede], através da haste metálica inserida no bambu e fixada com concreto.
A figura 471 mostra a fixação entre colmos ortogonais, através de peças de aço inseridas nos mesmos e fixadas com concreto.

CONEXÕES entre BAMBUS

Figura 472 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 473[D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

As conexões entre os colmos, dão-se através de peças metálicas inseridas nos mesmos e fixadas com concreto. Há ligações entre colmos ortogonais, como mostra a figura 472; e uniões entre colmos paralelos, como demonstra a figura 473. A figura 473, também, mostra a fixação dos bambus nas vigas metálicas, em dois pontos.

CONEXÕES entre BAMBUS

Figura 474 [E]: Fonte: Sven Mouton.
Figura 475 [D]: Fonte Sven Mouton.

As figuras 474 e 475 mostram a fixação entre colmos através de peças de aço, inseridas e fixadas com concreto. Externamente, podem ser observadas as presenças de arruelas e porcas.

WBC Bélgica

5.3.3 World Bamboo Congress

Merksplas | Bélgica

Arquitetura	Nic Geeraert [Bélgica]
Construção:	BeBamboo [Bélgica]
Conclusão:	2012

Espécie de bambu:	<i>Phyllostachys edulis</i>
Tratamento dos bambus:	bórax

Figura 476: Vista externa. Fonte: BeBamboo.

Figura 477: Vista externa. Fonte: BeBamboo.

Fig. 478: Vista externa. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

Figura 479: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig. 480: Vista externa. Fonte: Mirella N. Ruggiero.

A nona edição do World Bamboo Congress, realizou-se na Bélgica e dividiu-se em duas partes: a primeira, ocorreu na Universidade da Antuérpia e a segunda, em uma fazenda em Marksplas. Como estrutura de apoio, para abrigar as refeições, foram montadas três geodésicas de bambu, cobertas e uma sem cobertura. Para cobertura, utilizaram-se lona impermeável branca e algumas partes com lona impermeável transparente; estas partes integravam a paisagem externa ao espaço interno. A conformação arredondada e a estrutura interna de bambu aparente, transmitiam sensação de acolhimento.

Figura 481: Det. frontal conexão: geodésica sem cobertura.
Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 482: Det. lateral conexão: geodésica sem cobertura.

Figura 483: Det. frontal - conexão: geodésica com cobertura.
Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 484: Det. frontal interno - conexão: geodésica com cobertura.
Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

As estruturas são pré-fabricadas e podem ser desmontadas e remontadas em outros locais. As conexões, entre os colmos, se dão através de peças de aço. As estruturas são modulares e leves para serem transportadas; como as peças são independentes umas das outras, podem ser substituídas sem interferirem no conjunto. Nas extremidades dos colmos estão presentes braçadeiras metálicas ou amarrações com fibra natural, ambas têm a função de manter a forma cilíndrica do colmo, caso ocorra fendilhamento.

Foram realizados ensaios, em laboratório, para testes referentes às resistências à tração e à compressão das peças.

As estruturas podem ter os seguintes diâmetros: 4 m, 5 m, 6 m, 8 m, 10 m e 14 metros.

O domo geodésico, de Buckminster Fuller, é uma das estruturas mais resistentes a terremotos e tempestades.

Figura 485: Det. peça de aço. Fonte: BeBamboo.

Figura 486: Peças pré-fabricadas pela BeBamboo. Fonte: BeBamboo.

Figura 487: Testes em laboratório. Fonte: BeBamboo.

Figura 488:
Modulações
das estruturas
geodésicas da
BeBamboo.
Fonte:
BeBamboo.

Pavilhão
Portugal

5.3.4 Pavilhão de Meditação - Bambuparque

São Teotônio | Portugal

Arquitetura:	Celina Llerena [Brasil]
Construção:	Eliézio e José [Brasil]
Conclusão:	2013

Área construída:	46 m ²
Espécies de bambu:	<i>Phyllostachys pubescens</i>
Tratamento dos bambus:	Injeção de: octoborato de sódio + cipermetrina + ddpv [inseticida organofosforado]

Figura 489: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Figura 490: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Fig.491: Vista interna. Fonte: Mirella Ruggiero.

Fig.492: Vista interna. Fonte: Mirella Ruggiero.

Fig.493: Vista externa. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

Bambuparque é um viveiro especializado em bambu, localizado ao sul de Portugal, a cerca de 200 km de Lisboa. Foi fundado em 1990 e, atualmente, é o maior viveiro do mundo nesta categoria.

Yves Crouzet, seu fundador, convidou a arquiteta Celina Llerena para realizar a construção de um pavilhão, inteiramente com bambu, dedicado às práticas de yoga e meditação.

A construção foi executada por dois especialistas brasileiros, integrantes da equipe da arquiteta: Eliézio e José; e deu-se em cinquenta dias corridos.

Os bambus utilizados, foram colhidos, secos e tratados no local. O método de tratamento empregado foi a injeção de: octoborato de sódio + cipermetrina + ddpv [inseticida organofosforado].

Fig.494: Vista interna. Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A configuração do pavilhão é octogonal e toda estrutura de bambu converge para o centro, encontrando-se ao pilar seccionado e suspenso de eucalipto.

Os dezesseis pilares, conectados às fundações, estão interligados às vigas horizontais que percorrem todo o perímetro da construção, fazendo a transição para a estrutura da cobertura.

As aberturas de vidro estão presentes em todas as faces, trazendo a vegetação circundante para o interior do espaço. O forro, na cor branca, ressalta a estrutura da cobertura, cujos colmos têm tonalidade mais escura que os demais.

As vedações, na parte inferior, são constituídas por colmos com diâmetros maiores, posicionados horizontalmente; na parte superior, sobre as aberturas, colmos mais finos posicionam-se verticalmente e horizontalmente, entremeados por bambus na diagonal, que fazem a transição entre as duas direções.

ESTRUTURA

Figura 495 [E]: Fonte: Celina Llerena.
Figura 496 [D]: Fonte: Celina Llerena.

Para as fundações, foram utilizadas 16 manilhas de concreto; as manilhas sustentam a estrutura de madeira do piso. Foram preenchidas com concreto e colocaram-se esperas de aço, que recebem os pilares de bambu.

COBERTURA

Figura 497 [E]: Fonte: Celina Llerena.
Figura 498 [D]: Eliézio.
Fonte: Celina Llerena.

A estrutura da cobertura é composta por três anéis octogonais sobrepostos; de forma que o menor encontra-se no topo da cobertura; são conectados às peças transversais, que saem em ângulos. O travamento do conjunto dá-se pela presença de um pilar seccionado de eucalipto, suspenso.
Sobre a estrutura de bambu fixou-se o forro branco; sobre o forro, foram colocadas telhas cerâmicas.

VEDAÇÕES

Figura 499 [E]: José. Fonte: Celina Llerena.
Figura 500 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

As vedações valeram-se de colmos posicionados, ora horizontalmente, ora verticalmente; alguns, são fixados na diagonal, fazendo a transição e fixação, quando se dá a alternância de direção dos demais.

ENCAIXES entre BAMBUS

Figura 501 [E]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.
Figura 502 [D]: Fonte: Mirella Nass Ruggiero.

A ligação entre dois colmos, se dá através do recorte em uma das extremidades de um dos colmos; o recorte é feito de forma que haja a maior área possível de contato com a peça cilíndrica. A união entre ambos ocorre através de peças metálicas internas [gancho e parafuso]. As braçadeiras metálicas mantêm a forma cilíndrica do colmo.

Residência

Tarumã

5.2.1 Residência Tarumã

Botucatu | São Paulo

Arquitetura:	Leiko Hama Motomura [Brasil]
Cálculo Estrutural:	Hidetoci Kawata [Brasil] Natan Levental [Brasil]
Conclusão:	2000

Área construída:	85,65 m ²
Espécie de bambu:	<i>Phyllostachys heterocycla</i>
Tratamento dos bambus:	Imersão em solução aquosa de pentaborato de sódio, após defumação com pó de serra.

Figura 338: Fachada. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 339: Perspectiva. Fonte: Leiko Hama Motomura.

“O Condomínio Tarumã foi criado para preservar a nascente do Rio Capivara, Bairro da Demétria, Botucatu.

O local representou um desafio extra, pois a inserção de edificações em área rural sempre é motivo de distúrbio na paisagem existente, muito mais notado que numa área urbana. Adaptar-se a esse desafio requereu a especificação de uma cobertura verde que tenta minimizar este impacto, ao mesmo tempo em que desempenha a função de isolamento térmico, reforçando a busca por sustentabilidade.

Neste projeto, o bambu substituiu grande parte das fôrmas de madeira (que seriam refugadas após o uso), o aço do concreto de cobertura, dos pilares e baldrames.”

Fonte: Leiko Hama Motomura

"Sustentabilidade e adaptação também foram buscadas pela utilização de tijolos de solo-cimento prensados in loco, uma vez que a topografia do terreno em aclive implicava 'rejeitos' gerados na terraplanagem dos platôs para assentamento da edificação. Na Natureza não há rejeitos. O resíduo de uma espécie é o alimento de outra. Assim, aparentes rejeitos tornam-se matérias-primas valiosas, minimizando o conteúdo energético da construção. O mesmo raciocínio vale para a reutilização de recursos, principalmente a água."

Fonte: Leiko Hama Motomura

Fig. 340: Fachada. Fonte: Leiko Hama Motomura

Fig. 341: Det. cobertura. Fonte: Leiko Motomura.

Figura 342: Vista interna. Fonte: Leiko Hama Motomura .

Fig. 343: Vista externa. Fonte: Leiko Motomura.

“O projeto também foi concebido para uma evolução orgânica ao longo do tempo, em harmonia com a própria evolução do cliente - e seu fluxo de caixa. Foram previstas três fases de evolução, cada uma delas coerente com as demandas e necessidades de uma família em crescimento.”

Fonte: Leiko Hama Motomura

Figura 344: Implantação. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 345: Planta baixa. Fonte: Leiko Hama Motomura

Figura 346: Fachada Leste.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 347: Fachada Sul.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 348: Fachada Oeste.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 349: Fachada Norte.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 350: Corte longitudinal
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 351: Corte transversal
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 352: Corte longitudinal
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 353: Corte transversal
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 354: Detalhe baldrame. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 355: Estribos de bambu Fonte: Leiko Motomura.

"Soluções Estruturais e Construtivas

- Baldrame: armação de sapatas corridas com bambus rachados. Isolamento de umidade com carvão de bambu.

- Subestrutura: laje de concreto sobre solo-cimento em terra compactada.

- Cobertura: solução estrutural em abóbadas com trama de bambus em tiras - que é ao mesmo tempo forma e forro - em conjunto com um plastocimento de 3 cm de espessura."

Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 357: Processo construtivo. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 358: Detalhe da cobertura durante a execução. Fonte: Leiko Motomura.

"A espécie de bambu utilizada é o Moso, *Phyllostachys heterocycla*, tratada com banho em pentaborato de sódio, após defumação durante sete dias e sete noites. Os queimadores, usados no processo de tratamento, foram construídos na própria obra com a utilização material de ferro velho, usando para a queima o pó de serra, resíduo das marcenarias locais."

Fonte: Leiko Hama Motomura.

Durante a obra, os colmos foram utilizados como pontaletes e andaimes.

Figura 356: Tratamento dos bambus. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 359: Detalhe cobertura. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Durante o processo de obra, construiu-se um abrigo para carros, composto de uma única abóboda, cuja solução estrutural é idêntica à da residência. A execução da cobertura deu-se, inicialmente, no chão; após a confecção da trama, de colmos cortados longitudinalmente, a mesma foi erguida para a posição final da cobertura. Porém, o processo de transporte do chão até o alto, ocasionou a movimentação das tramas e, consequentemente, houve a necessidade de reajustá-la. Assim, para a execução das três abóbodas da residência, a malha estrutural foi confeccionada já na posição final.

A cobertura é composta pelas seguintes camadas:

- estrutura de bambu;
- forro interno: tecido não tecido [tnt];
- papelão ondulado [reciclado];
- argamassa;
- tela sintética [usadas em sacos de cebolas];
- argamassa;
- impermeabilização.

O projeto inicial previa um telhado verde, que não foi executado.

Residência

Serra Grande

5.2.2 Residência em Serra Grande

Uruçuca | Bahia

Arquitetura:	Simón Vélez [Colômbia]
Execução:	CMAR Construções Alternativas
Conclusão:	2004

Área construída:	187 m ² [330 m ² da cobertura]
Espécies de bambu:	<i>Dendrocalamus giganteus</i> <i>Phyllostachys pubescens</i>
Tratamento dos bambus:	Autoclave

Figura 360: Fachada frontal. Fonte: Claudio Maia.

Processo Construtivo

Concretagem
das sapatas

Figuras 361 e 362: Detalhe fundação. Fonte: Claudio Maia.

Concretagem
dos pilares

Figuras 363 e 364: Detalhe pilares. Fonte: Claudio Maia.

Estrutura de
sustentação
da laje

Figura 365: Estrutura. Fonte: Claudio Maia.

Pilares

Figura 366: Estrutura. Fonte: Claudio Maia.

Vigamento
para receber
a laje

Fig. 367: Det. vigas. Fonte: C. Maia.

Montagem da
tela para
receber a laje

Fig. 368: Det. tela. Fonte: C. Maia.

Armação da
laje

Figura 369: Armação da laje.
Fonte: Claudio Maia.

Concretagem
da laje

Figura 370: Concretagem da laje.
Fonte: Claudio Maia.

Laje
concretada

Figura 371: Laje concretada.
Fonte: Claudio Maia.

Estrutura:
cobertura e
vedação

Figura 372: Execução estrutura: cobertura e vedação. Fonte: C. Maia.

Execução das
vedações

Figura 373: Execução vedações externas. Fonte: C. Maia.

Vedações
executadas

Figura 374: Vedações executadas. Fonte: C. Maia.

Fixação dos
caibros

Figura 375: Fixação dos caibros na estrutura da cobertura. Fonte: C. Maia.

Fixação da
tela metálica
na cobertura

Figura 376: Cobertura: tela metálica para receber argamassa. Fonte: C.

Revestimento
de argamassa
na cobertura

Figura 377: Aplicação de argamassa na cobertura. Fonte: C. Maia.

Impermeabilização da cobertura

Fig. 378: Impermeabilização da cobertura. Fonte: C. Maia.

Cobertura verde: grama

Figura 381: Finalização da cobertura: placas de grama. Fonte: Imobusca.com.br

Parte interna: reboco

Fig. 379: Reboco interno. Fonte: C. Maia.

Parte interna: pintura sobre o reboco

Fig. 380: Pintura interna. Fonte: C. Maia.

Cobertura verde: grama

Figura 382: Finalização da cobertura: placas de grama. Fonte: C. Maia.

Figura 383: Vista externa. Fonte: Claudio Maia

Figura 384: Vista externa: pilares e fundações. Fonte: Claudio Maia

Figura 385: Ferramentas utilizadas. Fonte: Claudio Maia

Figura 386: Vista interna. Fonte: Imobusca.com.br

Figura 387: Vista varanda. Fonte: Imobusca.com.br

Figura 388: Vista interna. Fonte: Imobusca.com.br

Neste projeto, pode-se visualizar as etapas do processo construtivo desta residência, cuja estrutura é composta por colmos de bambu. Foram utilizados, aproximadamente, 200 colmos, com 7 m de comprimento cada. Simón Vélez é um arquiteto colombiano, que há anos dedica-se aos projetos utilizando bambu, como elemento estrutural. Desenvolveu soluções construtivas, como por exemplo a “junta Vélez”, onde o *grout* é inserido no colmo de bambu, no local onde há reforço estrutural com vergalhões de aço. Muitas são as obras já projetadas por ele e tantos anos de experiência, aliando projeto e prática, proporcionaram a investigação de algumas soluções.

Neste projeto, pode-se destacar as peças metálicas conectando as fundações de concreto aos colmos de bambu. Estas peças têm a função de proteger as extremidades dos colmos, afim de preservar suas características.

Outro elemento a ser destacado é a opção por vedações executadas com ferrocimento. Há facilidade de execução com telas pré-fabricadas, além de permitirem que os encontros entre vedações e pilares ocorram de forma adequada, inclusive visualmente. A solução de ferrocimento também foi utilizada na cobertura. Na parte interna, executou-se reboco e posteriormente a pintura. A parte externa, recebeu impermeabilização e placas de grama. Os encaixes entre os colmos, deram-se da maneira tradicional: com recortes específicos e parafusos.

A vedação de ferrocimento pode ser vista, talvez, como uma releitura contemporânea das paredes tradicionais de pau-a-pique, onde as tiras de bambu/madeira foram substituídas pelas telas metálicas pré-fabricadas e a terra crua deu lugar à argamassa. Também pode ser entendida como releitura das vedações tradicionais colombianas [bahareque], que utilizam esteiras de bambu rachado e terra crua. Talvez a opção de substituir estas formas tradicionais, tenha se dado devido à economia de tempo na execução da obra. Mesma técnica, com materiais distintos.

A premissa, para escolha de materiais e técnicas empregados, é avaliar o projeto, o local e demais fatores envolvidos, como custo, tempo, materiais disponíveis, dentre outros, a fim de adotar-se as opções mais adequadas àquela situação.

Restaurante

Casa Bela

5.2.3 Restaurante Casa Bela

Holambra | São Paulo

Arquitetura da Cobertura:	Francisco Lima [Brasil] Edoardo Aranha [Brasil]
Execução:	Edoardo Aranha [Brasil]
Conclusão:	2008

Área construída:	700 m ²
Espécie de bambu:	<i>Phyllostachys pubescens</i>
Tratamento dos bambus:	Fervura

Figura 389: Vista externa. Fonte: Restaurante Casa Bela.

Figura 390: Vista interna. Fonte: Restaurante Casa Bela.

Figura 391: Processo construtivo. Fonte: Edoardo Aranha.

Figura 392: Processo construtivo. Fonte: Edoardo Aranha.

Este restaurante situa-se dentro de um recinto onde se realiza a ExpoFlora, em Holambra. A obra foi executada em dois meses. A cobertura, cuja estrutura é toda de bambu, é composta por duas águas; em cada água há uma abertura longitudinal que permite a entrada de ventilação e iluminação natural. As poucas paredes internas foram executadas em taipa de pilão. Já a delimitação interior/exterior se faz através de uma mureta de tijolos em todo o perímetro da construção. Mureta esta, que também é a conexão entre as fundações e os pilares de bambu.

Figura 393: Detalhe pilar. Fonte: Edoardo Aranha.

Fig. 394: Det. cobertura. Fonte: Restaurante Casa Bela.

Fig. 395: Det. cobertura. Fonte: Restaurante Casa Bela.

Os pilares são compostos por quatro colmos de bambus, inseridos na mureta de tijolos. A mureta protege os colmos da umidade do terreno, preservando-os. Internamente, nas bases dos colmos, há barras de aço, que fazem a ligação com as fundações; nestes trechos, de aproximadamente 90 cm, há também a presença do concreto [injetado através de orifícios feitos nos colmos, com serra-copo].

A ligação dos pilares com os demais elementos estruturais da cobertura se dá através de reforços, na forma de pequenos pedaços de colmos, posicionados transversalmente entre dois colmos verticais dos pilares. A fixação entre todas as peças de bambu é feita com barras roscadas, arruelas e anéis de borracha. A união entre os colmos posicionados a 45° e os colmos horizontais, é obtida através de recortes [com serra-copo] denominados boca-de-peixe.

Galpões

Multi-Uso

5.2.4 Galpões multi-uso

Albertina | Minas Gerais

Arquitetura:	Francisco Lima [Brasil]	Área construída:	250 m ² / cada
Conclusão:	2008	Espécie de bambu:	<i>Phyllostachys pubescens</i>
		Tratamento dos bambus:	Fervura

Figura 396: Vista externa. Fonte: Francisco Lima.

Figura 397: Processo construtivo: galpão com vedações. Fonte: Francisco Lima.

Figura 398: Galpão sem vedações. Fonte: Francisco Lima.

Neste sítio, em Minas Gerais, foram construídos dois galpões multi-uso bem similares, implantados paralelamente no terreno. A diferença está na presença ou ausência de vedações e, como decorrência, a solução adotada para os pilares. No galpão fechado, as vedações e pilares foram construídos com tijolos de solo-cimento, executados no local; sobre a alvenaria apoia-se a estrutura de bambu da cobertura. No galpão aberto, os pilares são constituídos de quatro colmos verticais, conectados às fundações de concreto, através de barras de aço internas. As fundações proeminentes permitem o distanciamento dos bambus em relação ao solo e, conseqüentemente, à umidade proveniente do mesmo. Nestes pilares, há três pontos de inserção de peças menores, transversais, para distribuição dos esforços.

Figura 399: Detalhe estrutura. Fonte: Francisco Lima.

Figura 400: Vista externa: galpão. Fonte: Francisco Lima.

A solução estrutural para as coberturas, exceto pelos pilares, é idêntica: uma sequência de cinco tesouras alinhadas; cujas peças dispostas em ângulos, são compostas por dois colmos paralelos.

A fixação entre bambus sobrepostos, se dá através de parafusos [Figura 399] ou através de encaixes entre os colmos maiores e as peças menores. Nas extremidades dos colmos, ou próximo aos parafusos, há braçadeiras metálicas, cuja função é manter a forma cilíndrica do colmo, caso ocorra fendilhamento, garantindo a forma estrutural do conjunto.

Sobre a estrutura de bambu, foram fixadas terças de cedrinho, para a instalação das telhas Ecotop [confeccionadas a partir da reciclagem de aparas de embalagens de creme dental].

No galpão com vedações externas há respiros, na parte superior da alvenaria, que proporcionam a entrada de ventilação e iluminação naturais. Respiros que se apresentam nos vazios entre tijolos e nos recortes que permitem às tesouras avançarem externamente. Sutilezas que denotam elaborações de projeto acuradas.

Figura 401: Vista interna. Fonte: Francisco Lima.

Espaço

Oca Soma

5.2.5 Espaço Oca Soma

Aiuruoca | Minas Gerais

Arquitetura:	Leiko Hama Motomura [Brasil]
Cálculo estrutural:	Natan J. Levental [Brasil]
Execução:	Edoardo Aranha [Brasil]
Conclusão:	2010

Área construída:	70 m ²
Espécie de bambu:	<i>Guadua angustifolia</i>
Tratamento dos bambus:	Autoclave

Figura 402: Vista externa. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 403: Vista externa. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 404: Vista externa. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 405: Vista interna. Fonte: Leiko Hama Motomura.

"Experiência de construção participativa em sala de encontros no vale do Matutu, município de Aiuruoca, MG. O nome do espaço, OCA SOMA, traduz a intenção das atividades que ali irão se desenvolver: troca e difusão de conhecimento e habilidades dentro da comunidade. Assim, nada como a própria construção ser o resultado da soma de antigas técnicas locais como fundações secas em pedra, paredes de taipa de sopapo, taipa de pilão, estruturas com madeiras naturais caídas, com sistema estrutural espacial de bambu, cobertura verde, fontes e piras retráteis. A contribuição passa também por soluções e detalhes sugeridos pelos próprios trabalhadores." Fonte: Leiko Hama Motomura

Fig. 406: Det. estrutura cobertura. Fonte: L. Motomura.

Fig. 408: Det. estrutura cobertura. Fonte: L. Motomura.

Fig. 407: Parede de taipa de pilão. Fonte: Leiko Motomura.

Fig. 409: Membrana: teto verde. Fonte: Leiko Motomura.

- “Estratégias de sustentabilidade:
- Fundação de pedras com técnica e materiais locais;
 - Estrutura de fibras vegetais: bambu/eucalipto;
 - Cobertura verde;
 - Forro de esteiras de bambu com mão de obra local;
 - Paredes de terra: taipa de pilão e de mão;
 - Tinta à base de água e baixos VOCs;
 - Iluminação e ventilação natural;
 - Piso de assoalho de bambu;
 - Parede trombe para aquecimento do ambiente.”

Fonte: Leiko Hama Motomura

Figura 410: Implantação. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 411: Planta baixa. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 412: Fachada Sul. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 413: Fachada Leste. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 414: Corte transversal. Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 415: Corte longitudinal. Fonte: Leiko Hama Motomura.

A premissa da concepção do partido arquitetônico deste projeto, partiu de um anseio da cliente de que a nova construção estivesse totalmente integrada à paisagem e, ao mesmo tempo, prestasse uma homenagem à Natureza na qual estaria inserida. A conformação peculiar em abóboda, do maciço de Araucárias, foi a inspiração para o projeto. O desejo da cliente foi a reprodução da abóboda, em escala menor. Baseando-se nestas diretrizes, a arquiteta iniciou suas investigações a partir da configuração de uma geodésica; mas ao invés de tomar como base a circunferência, utilizou a elipse como ponto de partida. A partir daí, foi estudando, conjuntamente com o engenheiro calculista, possibilidades de concepção da estrutura com bambu. A opção pelo bambu, como material construtivo, também partiu da cliente, bem como a utilização de técnicas construtivas regionais e a utilização de materiais locais, sempre que possível. Os pilares que sustentam a estrutura da cobertura, são externos à construção. São de eucalipto e têm fundações de concreto, revestidas de tijolos. Sobre os pilares de eucalipto, apoia-se um anel segmentado, de eucalipto, que dá sustentação à geodésica de bambu. A estrutura espacial de bambu está conectada a este anel de eucalipto através de ferragens [figura 416].

Figura 416: Det. Ligação entre eucalipto e bambu.
Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Figura 417: Det. cobertura de bambu.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Figura 418: Det. pilares de eucalipto.
Fonte: Leiko Hama Motomura.

Fig. 419: Vista interna. Fonte: Leiko Motomura.

Fig. 420: Det. estrutura cobertura. Fonte: L. Motomura.

A conexão entre os colmos se dá através de peças metálicas. A forma geodésica é constituída por módulos triangulares compostos pelos colmos. Seu fechamento se dá através do painel *wall* e vidros para iluminação zenital. Sob estas placas foram fixadas esteiras de bambu, confeccionadas na região, fazendo o papel de forro interno. Externamente foi colocada uma manta impermeabilizante; e sobre esta, membranas plásticas que fazem a contenção da terra do telhado verde.

A construção mimetiza-se à paisagem circundante.

Internamente a geometria definida da estrutura de bambu é enfatizada pela iluminação zenital, trazendo o céu para dentro da oca. As aberturas laterais permitem a integração à vegetação. São respiros que equilibram a força da estrutura espacial. A parede de taipa de pilão, é um elemento marcante, que faz a transição entre o piso claro e o teto escuro. A paleta de matizes terrosos da taipa é interrompida por um risco cinza azulado, como uma pincelada de aquarela, que remete à fenda de céu que irrompe o forro ocre de bambu.

Sabor da Fazenda

Viveiro

5.2.6 Viveiro Sabor da Fazenda

São Paulo | São Paulo

Arquitetura:	Francisco Lima [Brasil] Gustavo Queiroz [Brasil]	Área construída:	50 m² quiosque 110 m² galpão
Construção:	Gustavo Queiroz [Brasil] Marcello Martins [Brasil]	Espécie de bambu:	<i>Dendrocalamus giganteus</i> <i>Phyllostachys pubescens</i>
Em construção:	2014	Tratamento dos bambus:	Fervura

Figura 421: Vista externa: quiosque e galpão. Fonte: Viveiro Sabor da Fazenda.

Fig. 422: Vista externa do viveiro: quiosque à direita. Fonte: Viveiro Sabor da Fazenda.

Fig. 423: Det. estrutura de bambu. Fonte: Gustavo Queiroz.

Fig. 424: Ciclo de bananeiras. Fonte: V. S. Fazenda.

Localizado no bairro da Vila Maria, na capital de São Paulo, o viveiro produz mudas de ervas e temperos orgânicos, além de nele serem realizados cursos. O quiosque foi idealizado para receber as aulas ministradas: um espaço aberto, integrado ao viveiro, que proporciona abrigo às intempéries. O galpão foi construído para abrigar as atividades do viveiro e manipulação das mudas. Houve a preocupação na escolha de materiais e técnicas empregados; foram utilizados bambu [para a estrutura], piaçava [para a cobertura do quiosque], terra retirada do local [para revestimento de vedação e produção de tinta], círculo de bananeiras [para tratar a água cinza proveniente da pia do banheiro] e cisterna para captação de água da chuva.

Figura 425: Planta baixa: galpão à esquerda e quiosque à direita. Fonte: Francisco Lima.

Figura 426: Galpão: corte longitudinal. Fonte: Francisco Lima.

Toda estrutura do galpão foi executada com *Phyllostachys pubescens*; os pilares são constituídos por dois colmos, conectados às fundações de concreto, que mantém os bambus distanciados do solo.

Fig. 427: Galpão: det. cobertura Fonte: G. Queiroz

Figura 428: Galpão: processo construtivo. Fonte: Francisco Lima.

Fig. 429: Galpão: processo construtivo. Fonte: Gustavo Queiroz.

Fig. 430: Det. cobertura. Fonte: Gustavo Queiroz.

Figura 431: Galpão: processo construtivo. Fonte: Viveiro S. F.

Figura 432: Galpão: processo construtivo. Fonte: Viveiro S. F.

Figura 433: Galpão: processo construtivo. Fonte: Viveiro S. F.

Figura 434: Galpão: vedações. Fonte: Gustavo Queiroz.

A cobertura é composta por terças e caibros, constituídos por dois colmos paralelos; dos pilares saem mãos-francesas que encontram os caibros; entre os pilares existem três peças pequenas de bambu, cuja função é contribuir para transmissão dos esforços e cargas. Utilizaram-se telhas metálicas sanduíche. A fixação entre os colmos se dá através de encaixes e barras rosqueadas de aço. Foram utilizadas braçadeiras de aço. Algumas vedações são compostas por colmos verticais alinhados. Em uma das vedações, construiu-se uma malha de bambus que, posteriormente foi revestida com terra crua e pintada com tinta de terra.

Figura 435: Quiosque: maquete. Fonte: Francisco Lima.

Figura 436: Quiosque: vista. Fonte: Francisco Lima.

Figura 437: Quiosque: corte. Fonte: Francisco Lima.

A estrutura do quiosque parte de uma planta octogonal, constituída por oito pilares externos. Há dois pórticos principais paralelos, vencendo o vão central; de cada um deles saem, transversalmente, dois meio-pórticos. Duas aberturas zenitais formam-se da confluência dos pórticos. A estrutura é inteiramente executada com bambu: para os pilares foram utilizados *Dendrocalamus giganteus*; e para as demais peças *Phyllostachys pubescens*.

Executou-se uma fundação radial de concreto, com brocas de 1,5 m de profundidade; como fôrmas para as brocas, foram utilizados tubos de PVC, que atravessam o contrapiso, de 15 cm, possibilitando que os arranques de aço sejam introduzidos nos colmos dos pilares; as bases dos pilares também foram preenchidas com concreto.

A cobertura foi executada com piaçava.

Figura 438: Quiosque. Fonte: Viveiro Sabor da Fazenda.

Fig. 439: Quiosque: det. cobertura. Fonte: V. S. Fazenda.

PANORAMA NO BRASIL

6. PANORAMA NO BRASIL

Serão apresentadas obras, realizadas entre 1999 e 2014, nos estados de, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Distrito Federal Mato Grosso do Sul e Acre. Conforme citado, o critério de seleção adotado foi a utilização do bambu, como elemento estrutural. Sabe-se que existem outras obras existentes, no Brasil, que se enquadram nesta premissa, mas que não puderam ser contempladas no presente estudo. Entretanto, esta seleção compreende uma parcela significativa das obras contemporâneas, possibilitando a compreensão do momento atual do emprego do bambu na arquitetura, no Brasil.

Em algumas obras, pode-se perceber a influência de desenhos e técnicas provenientes, principalmente, da Colômbia. Embora, em muitas obras, o caráter investigativo, da utilização deste material, se faça presente. Esta influência deriva-se do intercâmbio cultural; muitos cursos são ministrados na Colômbia, atraindo aqueles que desejam se aprofundar no assunto.

Por outro lado, há influências culturais advindas de arquitetos estrangeiros que têm desenvolvido projetos no país; como exemplos, Simón Vélez [Colômbia] e Sven Mouton [Bélgica].

Essa miscigenação de olhares e culturas, tão presente e característica em nosso país, contribui, também, para o aprimoramento da utilização deste material; que ao mesmo tempo em que nos é tão familiar, pela presença, principalmente, das construções rurais; nos é distante, justamente, devido a este emprego; que dificulta a possibilidade de olhar para o bambu como um possível material urbano, contemporâneo.

Mudar este paradigma é um dos objetivos deste trabalho. Para tanto, a exposição de exemplos arquitetônicos, no Brasil e no exterior, tem a função de divulgar e disseminar a utilização do bambu ao olhar contemporâneo; além de criar repertório para tal.

PANORAMA NO BRASIL

1998

Fig. 503: Fonte: Bamboo jungle

1998

Fig. 504: Fonte: Hotel do Frade

1998

Fig. 505: Fonte: Hotel do Frade

Residência em Angra dos Reis

Arquitetura: Simón Vélez

Local: Angra dos Reis, RJ

Restaurante – Hotel do Frade

Arquitetura: Simón Vélez

Local: Angra dos Reis, RJ

Restaurante – Hotel do Frade

Arquitetura: Simón Vélez

Local: Angra dos Reis, RJ

PANORAMA NO BRASIL

1999

Fig. 506: Fonte: Raphael Vasconcellos

Memorial da Cultura Indígena

Arquitetura: David Rees Dias
Construção: Edson Sartori e Rubens Cardoso

Local: Campo Grande, MS

2000

Fig. 507: Fonte: Leiko Hama Motomura

Residência Tarumã

Arquitetura: Leiko Hama Motomura
Estrutura: Hidetoci Kawata, Natan J. Levental

Local: Botucatu, SP.
Área construída: 400 m²

2002

Fig. 508: Fonte: Celina Llerena

Pavilhão Visconde de Mauá

Arquitetura: Celina Llerena

Local: Visconde de Mauá- RJ
Área construída: 126 m² + 38 m² varanda

PANORAMA NO BRASIL

2002

Fig. 509: Fonte: Celina Llerena

Escola de Bio-Arquitetura Ebiobambu

Arquitetura: Celina Llerena

Local: Visconde de Mauá, RJ
Área construída: 94,50 m²

2003

Fig. 510: Fonte: Leiko Hama Motomura

Amana-Key Sala de diálogos de verão

Arquitetura: Leiko Hama
MotomuraEstrutura: Natan J. Levental

Local: Cotia, SP
Área construída: 157 m²

2004

Fig. 511: Fonte: Celina Llerena

Centro de Turismo Ecológico de Tinguá

Arquitetura: Celina Llerena

Local: Nova Iguaçu – RJ
Área construída: 415 m²

2004

Fig. 512: Fonte: Leiko Hama Motomura

2004

Fig. 513: Fonte: Leiko Hama Motomura

2004

Fig. 514: Fonte: Leiko Hama Motomura

Alojamento – Fazenda dos Bambus

Arquitetura: Leiko Hama Motomura
Colaborador: Roberto Montenegro
Conforto Ambiental: Anésia B. Frota e
Leonardo Monteiro
Estrutura: Natan J. Levental

Local: Pardinho, SP

Casa Azul – Fazenda dos Bambus

Arquitetura: Leiko Hama Motomura
Colaborador: Roberto Montenegro
Conforto Ambiental: Anésia B. Frota e
Leonardo Monteiro
Estrutura: Natan J. Levental

Local: Pardinho, SP

Centro de Convivências – Fazenda dos Bambus

Arquitetura: Leiko Hama Motomura
Colaborador: Roberto Montenegro

Local: Pardinho, SP
Área construída: 200 m²

2004

Fig. 515: Fonte: Claudio Maia

Residência em Serra Grande

Arquitetura: Simón Vélez
Construção: CMAR Construções Alternativas

Local: Uruçuca - BA
Área construída: 187 m²

2005

Fig. 516: Fonte: Claudio Maia

Cabana de Praia

Arquitetura: Simón Vélez
Construção: CMAR Construções Alternativas

Local: Olivença, BA
Área construída: 5.000 m²

2006

Fig. 517: Fonte: Celina Llerena

Residência Jacarepaguá

Arquitetura: Celina Llerena

Local: Jacarepaguá, RJ

2006

Fig. 518: Fonte: Celina Llerena

Casa de hóspedes Jacarepaguá

Arquitetura: Celina Llerena

Local: Jacarepaguá, RJ

2006

Fig. 519: Fonte: Celina Llerena

Residência em Niterói

Arquitetura: Celina Llerena

Local: Niterói, RJ
Área construída: 255 m²

2006

Fig. 520: Fonte: Sven Mouton

Centro Comunitário de Cambury

Arquitetura: Sven Mouton
Bamboostic
Cálculo estrutural: Prof. Khosrow Ghavami

Local: Ubatuba, SP
Área construída: 216 m²

PANORAMA NO BRASIL

2007

Fig. 521: Fonte: Francisco Lima

Centro de Estudos Ibiosfera

Arquitetura: Francisco Lima

Local: Juréia, SP
Área construída: 80 m²

2008

Fig. 522: Fonte: Restaurante Casa Bela

Restaurante Casa Bela

Arquitetura [bambu]: Francisco Lima
Edoardo Aranha

Local: Holambra SP
Área construída: 700 m²

2008

Fig. 523: Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Casa do Artesão

Arquitetura: Ana Regina Borges
Nilma Mieko Yamato

Arquitetura [bambu]: Celina Llerena

Local: Piracaia, SP
Área construída: 250 m²

PANORAMA NO BRASIL

2008

Fig. 524: Fonte: Leiko Hama Motomura

Centro Cultural Max Feffer

Arquitetura: Leiko Hama Motomura
 Colaboradores: Mauricio Alito, Carolina Maihara, Thais Cunha, Marcelo Nunes, Danielle Muhle
 Conforto Ambiental: Anésia B. Frota e Leonardo M. Monteiro
 Paisagismo da praça: Mauricio Alito
 Local: Pardinho, SP
 Área construída: 1.651 m²

2008

Fig. 525: Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Centro Educacional para a Sustentabilidade - Alphaville

Arquitetura: Marcelo Todescan
 Frank Siciliano
 Construção [bambu]: Robert Harris
 Local: Santana de Parnaíba, SP
 Área construída: 288 m²

2008

Fig. 526: Fonte: Francisco Lima

Galpões multi-uso

Arquitetura: Francisco Lima
 Local: Albertina, MG
 Área construída: 250 m²/cada

2010

Fig. 527: Fonte: Leiko Hama Motomura

Espaço Oca Soma

Arquitetura: Leiko Hama Motomura
Colaboradores: Mauricio Alito, Carolina Maihara
Estrutura: Natan J. Levental
Construção: Edoardo Aranha
Local: Vale do Matutu, Aiuruoca, MG
Área construída: 70 m²

2011

Fig. 528: Fonte: Claudio Maia

Residência em Serra Grande

Arquitetura: Simón Vélez
Construção: CMAR Construções Alternativas

Local: Uruçuca, BA
Área construída: 120 m²

2011

Fig. 529: Fonte: Lucio Ventania

CERBAMBU - Ravena

Arquitetura: Lucio Ventania

Local: Sabará, MG

PANORAMA NO BRASIL

2014

Fig. 530: Fonte: Arquinatura

Chácara do Professor

Arquitetura: Sérgio Pamplona
Construção [bambu]: Frederico Rosalino
Construção: Marcelino Barberato

Local: Brasília, DF

2014

Fig. 531: Fonte: Pedro Devani e Sérgio Vale

Parque Tucumã

Construção: Funtac e Embrapa

Local: Rio Branco, AC

2014

Fig. 532: Fonte: Andagio

Geodésica – Serra da Cantareira

Arquitetura: Andagio
Empreendimentos Criativos
Construção: Andagio
Empreendimentos Criativos

Local: Mairiporã, SP

2014

Fig. 533: Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Pavilhão Mairiporã

Arquitetura: Francisco Lima
Construção: Bruno Azevedo
Murilo Marconde

Local: Mairiporã, SP
Área construída: 180 m²

2014

Fig. 534: Fonte: Tomaz Lotufo

Residência Piracaia

Arquitetura: Tomaz Lotufo
Construção [bambu]: Celina Llerena

Local: Piracaia, SP
Área construída: 200 m²

2014

Fig. 535: Fonte: Viveiro Sabor da Fazenda

Viveiro Sabor da Fazenda

Arquitetura: Francisco Lima
Gustavo Queiroz
Construção: Gustavo Queiroz
Marcello Martins

Local: São Paulo, SP
Área construída: 110 m² galpão
50 m² quiosque

2005

Fig. 536: Fonte: Claudio Maia

Quiosque – argamassa armada

Arquitetura: Simón Vélez
Construção: CMAR Construções Alternativas

Local: Ilhéus, BA
Área construída: 36 m²

2005

Fig. 537: Fonte: Claudio Maia

Quiosque – argamassa armada

Arquitetura: Simón Vélez
Construção: CMAR Construções Alternativas

Local: Ilhéus, BA
Área construída: 25 m²

2013

Fig. 538: Fonte: Claudio Maia

Quiosque

Arquitetura: CMAR
Construção: CMAR
Construções Alternativas

Local: Serra Grande,
BA
Área construída: 54 m²

PANORAMA NO BRASIL

PANORAMA INTERNACIONAL

7. PANORAMA INTERNACIONAL

Com intuito de referenciar o panorama internacional, foram selecionadas algumas obras, nas quais se utilizou o bambu como material construtivo, compreendidas entre 1995 e 2014. São projetos arquitetônicos presentes no Japão, China, Vietnã, Bangladesh, Indonésia, Índia, Tailândia, Taiwan, Camboja, Ghana, Etiópia, Alemanha, Bélgica, França, Itália, Portugal, Espanha, Estados Unidos, México, Costa Rica e Colômbia.

Pode-se observar a maneira distinta como o bambu é empregado, demonstrando a influência cultural arraigada em cada projeto. As diferentes espécies adotadas, também contribuem para esta diversificação de usos. Na América Latina, a espécie predominantemente utilizada é o *Guadua angustifolia* [com diâmetros de aproximadamente 10 cm]; sua presença torna-se marcante nas construções, mesmo havendo outros materiais utilizados conjuntamente. Na Europa, comumente são utilizadas conexões metálicas e a linguagem arquitetônica, geralmente, apresenta traços contemporâneos, com desenhos mais limpos. Na

visão oriental são destacadas as utilizações de feixes de bambus mais finos, proporcionando curvas e desenhos orgânicos, compostos de intrincada geometria.

É evidente que não há rótulos a serem estabelecidos, definindo e delineando esta ou aquela arquitetura, influenciadas pela posição geográfica. Mas é possível perceber semelhanças, em seus desenhos, decorrentes da influência cultural intrínseca a cada arquiteto, a cada obra. A relação entre os povos e o bambu é diferente em cada país, cada cultura. Assim como o olhar de cada arquiteto também é singular. Encontrar traços em comum, nestas obras apresentadas, é apenas uma maneira de tentar compreender a forma como um mesmo material fora empregado de maneiras tão distintas. Possibilidades que são influenciadas por repertórios e visões de mundo tão díspares quanto as paisagens de cada local. Especificidades carregadas de signos e significados que perspassam, inclusive, à arquitetura.

PANORAMA INTERNACIONAL

1995

Fig. 539: Fonte: Gernot Minke

CENTRO COMUNITÁRIO E CRECHE

Japão

Hamura Shoei Yoh

1999

Fig. 540: Fonte: Simón Vélez

CATEDRAL

Pereira, Colômbia

Simón Vélez
Construção temporária.

2000

Fig. 541: Fonte: Simón Vélez

PAVILHÃO ZERI

Hannover, Alemanha

Simón Vélez

PANORAMA INTERNACIONAL

2002

Fig. 542: Fonte: Simón Hosie

BIBLIOTECA

Colômbia

Simón Hosie

2002

Fig. 543: Fonte: Kengo Kuma

GREAT BAMBOO WALL

Beijing, China

Kengo Kuma & Associates

2004

Fig. 544: Fonte: Hentrich-Petschnigg & Partner

ESTACIONAMENTO

Leipzig, Alemanha

Hentrich-Petschnigg & Partner

PANORAMA INTERNACIONAL

2005

Fig. 545: Fonte: GuaduaBamboo

TIMARAI BAMBOO BEACH RESORT

Costa Rica

GuaduaBamboo

2005

Fig. 546: Fonte: Ojtat

AULA DE CAPACITACIÓN
FLOR DEL BOSQUE

Puebla, México

RicardoLeyva
Cervantes / Ojtat

2006

Fig. 547: Fonte: Vo Trong Nghia

wNw CAFÉ

Thu Dau Mot, Vietnã

Vo Trong Nghia

PANORAMA INTERNACIONAL

2006

Fig. 548: Fonte: Zuarq Arquitectos

CHINAUTA HOUSE

Fusugasugá, Colômbia

Zuarq Arquitectos

2006

Fig. 549: Fonte: Mirella Nass Ruggiero

Madri-BARAJAS AIRPORT

Madri, Espanha

Estudio Lamela Arquitectos
Richard Rogers Partnership

2006

Fig. 550: Fonte: Aga Khan

HAND-MADE SCHOOL

Rudrapur, Bangladesh

Anna Heringer,
Ziegert | Roswag | Seiler
Architekten
Ingenieure, Aga Khan

PANORAMA INTERNACIONAL

2007

Fig. 551: Fonte: Gernot Minke

FÁBRICA DE JÓIAS

Indonésia

Joërg Stamm

2007

Fig. 552: Fonte: Aga Khan

GREEN SCHOOL

Badung, Indonésia

Aga Khan Development Network, Ahkamul Hakim, PT
Bambu: John and Cynthia Hardy

2007

Fig. 553: Fonte: Aga Khan

GREEN SCHOOL - BRIDGE

Badung, Indonésia

Joërg Stamm

PANORAMA INTERNACIONAL

2007

Fig. 554: Fonte: Bambaroo

BAMBOO BRIDGE ARNULF BRINCEÑO

Pereira, Colômbia

Joërg Stam, Bambaroo

2008

Fig. 555: Fonte: Ojat

CASA COHUATICHAN

Cuetzalan, México

Ricardo Leyva Cervantes / Ojtat

2008

Fig. 556: Fonte: Roewu

BAMBOO FOREST HOUSE

Luo-dong, Taiwan

ROEWU architecture

PANORAMA INTERNACIONAL

2008

Fig. 557: Fonte: Vo Trong Nghia

wNw BAR

Thu Dau Mot, Vietnã

Vo Trong Nghia

2009

Fig. 558: Fonte: De Leon & Primmer Architecture Workshop

MASON LANE FARM

Goshen, Estados Unidos

De Leon & Primmer Architecture Workshop

2009

Fig. 559: Fonte: Vo Trong Nghia

BAMBOO WING

Vinhphuc, Vietnã

Vo Trong Nghia

PANORAMA INTERNACIONAL

2009

Fig. 560: Fonte: 24H Architecture

EDUCATION CENTER AT SONEVA
RESORT

Kon Kut, Tailândia

24H Architecture

2009

Fig. 561: Fonte: Studio Archea

PARK ALBATROS CAMPING

Livorno, Itália

Studio Archea

2009

Fig. 562: Fonte: Pasi Aalto

SOE KER TIE HOUSE

Noh Bo, Tailândia

Pasi Aalto, Andreas Gjertsen, Yashar
Hanstad, Magnus Henriksen, Line
Ramstad, Erlend Sole

PANORAMA INTERNACIONAL

2010

Fig. 563: Fonte: Ojat

PARQUE ARBOLEDAS REMENTERÍA

Puebla, México

Ricardo Leyva Cervantes / Ojtat

2010

Fig. 564: Fonte: Blanc Borderless Architecture

EMERGING GHANA

Cape Coast, Ghana

Blanc Borderless Architecture, João Caeiro

2010

Fig. 565: Fonte: Vo Trong Nghia

EXPO 2010 VIETNAM PAVILION

Shanghai, China

Vo Trong Nghia , Shunri Nishizawa

2010

Fig. 566: Vo Trong Nghia

TONGLING HOTEL

Tongling, China

Vo Trong Nghia

2011

Fig. 567: Fonte: 24H Architecture

PANYADEN SCHOOL

Chiang Mai, Tailândia

24H Architecture

2011

Fig. 568: Fonte: Sven Mouton

RESIDÊNCIA

Gent, Bélgica

Sven Mouton

PANORAMA INTERNACIONAL

2011

Fig. 569: Fonte: GuaduaBamboo

CASA ATREVIDA

Costa Rica

GuaduaBamboo

2011

Fig. 570: Fonte: BeBamboo

TOURIST INFO POINT

Gard, França

BeBamboo

2011

Fig. 571: Fonte: Vo Trong Nghia

LA VONG RESTAURANT

Hanoi, Vietnã

Vo Trong Nghia

PANORAMA INTERNACIONAL

2011

Fig. 572: Fonte: Esan Rahmani

SUSTAINABLE BAMBOO PAVILION

Índia

Esan Rahmani

2012

Fig. 573: Fonte: Vo Trong Nghia

LOW COST HOUSE

Dongnai, Vietnã

Vo Trong Nghia , Masaaki Iwamoto, Kosule
Nishijima

2012

Fig. 574: Fonte: Mirella Nass Ruggiero

WORLD BAMBOO CONGRESS

Merksplas, Bélgica

BeBamboo

2012

Fig. 575: Fonte: Vo Trong Nghia

BAMBOOBOOTH 2012

Hanoi, Vietnam

Vo Trong Nghia , Takashi Niwa,
Masaaki Iwamoto, Kosuke Nishijima

2012

Fig. 576: Fonte: Vo Trong Nghia

DAILAI CONFERENCE HALL

Vinhphuc, Vietnam

Vo Trong Nghia , Takashi Niwa

2013

Fig. 577: Fonte: Mirella Nass Ruggiero

PAVILHÃO BAMBUPARQUE

São Teotônio, Portugal

Celina Llerena

PANORAMA INTERNACIONAL

2013

Fig. 578: Fonte: Vo Trong Nghia

2013

Fig. 579: Fonte: Vo Trong Nghia

2014

Fig. 580: Vo Trong Nghia

CAFETERIA

Kontum, Vietnã

Vo Trong Nghia

KONTUM INDOCHINE WEDDING
RESTAURANT

Kontum, Vietnã

Vo Trong Nghia, Takashi Niwa

RESTAURANTE

Son La province, Vietnã

Principal Architects: Vo Trong Nghia

Associate Architect: Vu Van Hai

Architects: Ngo Thuy Duong, Tran Mai

PANORAMA INTERNACIONAL

CONSIDERAÇÕES FINAIS

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processo de pesquisa observou-se que, às vezes, para uma mesma pergunta existem respostas distintas; por vezes complementares, mas eventualmente, são completamente díspares. Alguns temas suscitam divergências de opinião, como a questão dos tratamentos preventivos. Tanto na literatura, quanto nas entrevistas realizadas, pode-se observar que não há uma unanimidade em relação a qual deles seria o mais eficiente, a melhor solução custo/benefício. Há estudos acadêmicos sobre o assunto e há a experimentação prática, também, daqueles que trabalham diretamente com o bambu, quer sejam produtores, quer sejam construtores. Há a dualidade eficiência versus sustentabilidade/salubridade. [Alguns optam por tratamentos químicos mais agressivos, outros preferem opções que não sejam nocivas ao meio ambiente e às pessoas que irão manusear e trabalhar diretamente com os produtos].

As opções existentes, referentes a este assunto, foram citadas no capítulo 2. Neste trabalho não será eleita uma maneira como sendo a mais adequada, nem rejeitar qualquer outra. Buscou-se respeitar

as posições defendidas por aqueles que lidam diretamente com este assunto e entende-se que são vários os fatores envolvidos nesta escolha: o conhecimento disponível, a experiência prática, as crenças pessoais, o contexto da produção ou da obra, a disponibilidade de recursos financeiros e humanos, entre outros aspectos que interferem direta e indiretamente na escolha de cada um.

Outro aspecto que pôde ser observado, durante o processo de pesquisa, é o fato de que cada arquiteto tem um olhar particular em relação ao bambu e às soluções projetuais encontradas. Algumas premissas devem ser observadas e respeitadas, tais como:

- Afastar a base do bambu do contato direto com o solo, pois a umidade pode danificá-lo e possibilitar o desenvolvimento de fungos;
- Proteger os colmos das intempéries: sol e chuva;
- O bambu tende a sofrer fendilhamento, portanto distribuir as cargas e esforços da estrutura possibilita a substituição dos colmos que apresentarem grau avançado de fendilhamento;

- Utilização de braçadeiras próximas aos locais onde houve perfurações, para a realização dos encaixes. As braçadeiras têm a função de manter a forma cilíndrica do colmo; a forma é a estrutura. Quando não há braçadeira mantendo a forma, podem ocorrer rachaduras, principalmente, nas proximidades dos furos, comprometendo a forma do colmo e, conseqüentemente, a estrutura;
- A localização das perfurações também é outro fator importante, devem ocorrer próximas aos nós;
- Utilização de *grout* aliado às barras de aço ou às peças metálicas para conexões;
- Os encaixes entre bambus ou entre bambu e eucalipto, ou bambu e qualquer outro material, que também tenha a forma cilíndrica, devem ser executados com precisão; são extremamente importantes às áreas de contato entre ambos, para a transmissão correta dos esforços, a fim de que nenhuma parte da estrutura seja sobrecarregada;
- O bambu, para ser utilizado como material construtivo, precisa ser colhido maduro; só assim suas propriedades físicas, químicas e mecânicas terão atingido sua plenitude; o que ocorre entre três e seis anos, após o surgimento do broto, dependendo da espécie;
- É necessário que seja realizada a cura na mata, após a colheita, onde os colmos são posicionados verticalmente, à sombra, para que o teor do amido seja reduzido;
- Após a cura, são realizados os tratamentos preventivos aos ataques de insetos e microorganismos, que alimentam-se, principalmente, do amido existente nas paredes internas dos colmos;
- Após a realização do tratamento, é necessário que haja a secagem dos colmos, posicionados verticalmente, preferencialmente em local abrigado e ventilado;
- Podem ser aplicados ceras e vernizes, utilizados em madeiras, para aumentar a durabilidade [de forma indireta, contra fungos], no que se refere ao aspecto externo dos colmos, principalmente em relação à manutenção da coloração; deve haver aplicação do produto uma vez ao ano;
- Para corrigir imperfeições resultantes das perfurações e recortes, pode-se utilizar cola branca misturada ao pó de bambu [oriundo das execuções dos cortes do mesmo];

- Pode-se aplicar resina [para madeiras], para corrigir os pequenos fendilamentos e imperfeições [ocasionados durante o processo construtivo], antes da aplicação da cera ou verniz;
- Para realizar as amarrações entre bambus, pode-se utilizar fios de cobre, arame recozido, fibras naturais ou sintéticas;
- Podem ser utilizadas braçadeiras metálicas ou plásticas;

Algumas destas premissas referem-se às questões projetuais, outras têm o viés mais técnico, específico da execução; porém, todas estas questões estão interligadas, uma interfere diretamente na outra, e consequentemente no resultado final. Mas estas são apenas algumas questões suscitadas no decorrer da pesquisa, há provavelmente muitas outras e, seguramente, surgirão novas futuramente. É um processo natural de experimentação e evolução. Assim também o são as soluções para encaixes e conexões. Houve o contato com descobertas recentes, como as soluções desenvolvidas pelo arquiteto japonês Kengo Kuma [presente no Anexo]; bem como o processo de pré-fabricação desenvolvido pela empresa belga BeBamboo [no projeto do WBC 2012] e, solução semelhante adotada

pela arquiteta brasileira Leiko Hama Motomura, no projeto da Amana-Key.

Na apresentação específica de cada obra, procurou-se demonstrar elementos estruturais e soluções empregadas.

Neste momento, faz-se uma reflexão sobre as obras abordadas, com enfoque especificamente, nas soluções adotadas em relação à utilização do bambu, como material construtivo, a fim de elucidar questões inerentes à sua utilização, tais como, proteção às intempéries, prevenção ao fendilhamento, afastamento da umidade do solo, dentre outros aspectos abordados.

A seguir, os aspectos identificados nas obras selecionadas:

1. No Brasil:

Residência Tarumã

Arq. Leiko Hama Motomura
Botucatu, São Paulo
2000

- Utilização do bambu como substituto ao aço [baldrames e vedações];
- Estrutura da cobertura com tiras de bambu [solução semelhante foi empregada, em creche no Japão, conforme página 227];
- Bambus protegidos das intempéries: tanto na parte interna da cobertura, quanto na parte inferior dos beirais;
- Estrutura da cobertura dimensionada para suportar telhado verde, com 20 cm de terra; embora não tenha sido executado, a cobertura suporta esta carga.

Amana Key

Arq. Leiko Hama Motomura
Cotia, São Paulo
2003

- A concepção da estrutura baseou-se na solução usual às treliças espaciais metálicas; porém, os elementos metálicos foram substituídos por colmos;
- Preocupou-se em proteger os bambus das intempéries [solução da malha superior maior do que a inferior];
- Houve preocupação em garantir a independência de cada peça, para realizar as substituições, se necessárias;
- Os anéis de arame recozido, são uma prevenção aos efeitos do fendilhamento, garantindo a permanência da forma cilíndrica do

colmo e, conseqüentemente, sua resistência;

- Os bambus não têm contato com o solo [utilização dos pilares de eucalipto];
- Solução leve para a cobertura: lona impermeável;
- Esteiras de bambu utilizadas como forro.

Residência Serra Grande

Arq. Simón Vélez
Uruçuca, Bahia
2004

- Bambus estão conectados às fundações de concreto, através de peças metálicas [em forma de cones]; solução que garante o afastamento do bambu ao contato com solo;
- Utilização de ferrocimento para as vedações, garante encontro bem sucedido com os pilares de bambu;
- Estrutura de bambu suporta a laje de ferrocimento e o telhado verde;
- Utilização de braçadeiras metálicas;
- Utilização de peças internas de aço, para execução dos encaixes;
- Utilização de barras de aço e *grout*, introduzidos nos colmos.

Centro Comunitário de Cambury

Arq. Sven Mouton
Ubatuba, São Paulo
2006

- Fundações mantém os pilares de bambu afastados do solo;
- Utilização de barras de aço e *grout*, na parte interna, das bases dos pilares;
- Pilares compostos por quatro colmos, para melhor distribuição de cargas e esforços;
- Bambus protegidos das intempéries;
- Estrutura de bambu suporta a utilização de telhas cerâmicas;
- Utilização de braçadeiras metálicas e amarrações, com fibras naturais;
- Peças internas, de aço, para conexão das peças de bambu;

- Encaixes executados de forma a haver maior área de contato entre as peças, garantindo a transmissão de esforços e cargas de maneira adequada.

Restaurante Casa Bela

Arq. Francisco Lima
Holambra, São Paulo
2008

- Bases dos pilares de bambu, afastadas do solo, através dos baldrame de tijolos;
- Pilares compostos por quatro colmos, garantem melhor distribuição dos esforços;
- Barras de aço e *grout* inseridos, nos colmos, nas bases dos pilares;
- Terças constituídas por colmos paralelos, também contribuem para melhor distribuição das cargas e esforços;
- Presença de cabo de aço, tensionando a tesoura [solução, também, adotada por Simón Vélez na obra do Nomadic Museum, na Cidade do México.

Casa do Artesão

Arq. Celina Llerena
Piracaia, São Paulo
2008

- Pilares e vigas de eucalipto sustentam a estrutura da cobertura;
- Bambus não têm contato direto com solo;
- Beirais protegem bambus das intempéries;
- Esteiras de bambu utilizadas como forro;
- Utilização de braçadeiras metálicas;
- Telhas leves na cobertura principal;
- Telhado verde na cobertura do anexo;
- Utilização de peças internas de aço, para encaixes entre peças de bambu.

Centro de Cultura Max Feffer

Arq. Leiko Hama Motomura
Pardinho, São Paulo
2008

- Possibilidade de reposição de cada colmo, independentemente;
- Utilização de braçadeiras metálicas;
- Conexões com eucaliptos se dão através de peças internas de aço e *grout* inserido nos colmos;
- A estrutura da cobertura, apoia-se sobre pilares de eucalipto, desta forma, não há contato dos bambus com o solo;
- As peças utilizadas nos encaixes são de aço;
- Os bambus estão protegidos das intempéries;
- Utilização de telhas leves.

CES Alphaville

Arq. Frank Siciliano/
Marcelo Todescan
Santana de Parnaíba
São Paulo – 2008

- Pilares e vigas de eucalipto sustentam a estrutura de bambu da cobertura;
- Não há contato do bambu com o solo;
- Utilização de peças de aço, internamente, para realização dos encaixes;
- Bambu utilizado para vedações externas, na forma de esteiras revestidas com terra crua;
- Fragmentos de bambus, utilizados para confecção de divisórias internas;

- Estrutura suporta cobertura com telhado verde;
- Anexo tem cobertura leve, de lona transparente, cuja fixação nos colmos, se dá através de amarrações;
- Esteiras de bambu utilizadas como forro.

Galpões

Arq. Francisco Lima
Albertina, Minas Gerais
2008

- Estrutura da cobertura, de bambu: no galpão aberto está apoiada sobre pilares de alvenaria; no galpão fechado está apoiada sobre pilares de bambu;
- Pilares compostos por quatro colmos, conectados às fundações [distanciamento dos bambus do contato com solo];
- Conexão com as fundações através de barras de aço e *grout* inseridos nos colmos;
- Peças menores de bambu, fixadas transversalmente entre os pilares de bambu, possibilitam melhor distribuição de cargas e esforços;

- Tesouras constituídas por terças e mãos-francesas compostas por colmos paralelos, possibilitam melhor distribuição de cargas e esforços;
- Presença de braçadeiras metálicas;
- Encaixes executados com precisão, para melhor contato entre os colmos;
- Utilização de telhas leves.

Espaço Oca Soma

Arq. Leiko Hama Motomura
Aiuruoca, Minas Gerais
2010

- Estrutura da cobertura, de bambu, está apoiada nos pilares e vigas de eucalipto;
- Pilares e estrutura da cobertura formam um conjunto independente das vedações;
- Os colmos estão protegidos das intempéries;
- Há possibilidade de reposição de cada peça de bambu, independentemente;
- Utilização de braçadeiras metálicas [prevenção aos efeitos do fendilhamento];
- Os bambus não têm contato com o solo;

- Nas conexões com os eucaliptos, foram utilizadas peças internas de aço e *grout* inserido nos colmos;
- Estrutura suporta cobertura com telhado verde;
- Esteiras de bambu utilizadas como forro.

Pavilhão Mairiporã

Arq. Francisco Lima
Mairiporã, São Paulo
2014

- Utilização de manilhas, como fundações, garantem afastamento dos bambus em relação ao solo;
- Colmos protegidos das intempéries, pelos beirais;
- Terças e mãos-francesas, com colmos paralelos, proporcionam melhor distribuição de cargas e esforços;
- Ferragens internas de aço;
- Encaixes bem executados garantem o pleno contato de um colmo com outro e, consequentemente, transmissão de esforços de forma adequada;
- Utilização de braçadeiras metálicas;
- Telhas leves.

Residência Piracaia

Arq. Tomaz Lotufo
Piracaia, São Paulo
2014

- Bambu utilizado na estrutura da cobertura, suporta laje de ferrocimento;
- Não há contato dos bambus com o solo;
- Colmos protegidos das intempéries, pelos beirais;
- Peças, de aço, internas para conexão entre colmos;
- Execução precisa dos encaixes garantem área de contato necessária para realização da transmissão de esforços.

Viveiro Sabor
da Fazenda

Arq. Francisco Lima
São Paulo, São Paulo
2014

- Construções, com estrutura de bambu, em lote urbano;
- Bambu utilizado nas estruturas do quiosque e da construção principal;
- Fundações de concreto proeminentes possibilitam afastamento dos bambus do contato com o solo;
- Conexão entre pilares de bambu e fundação se dá através de barras de aço e *grout* inseridos nos colmos;
- Na construção principal: terças e caibros constituídos de colmos

paralelos, para melhor distribuição dos esforços e cargas;

- Na construção principal: cobertura com telhas leves; no quiosque cobertura de piaçava;
- Na construção principal: vedação constituída de estrutura de bambus, revestida com terra crua;
- Na construção principal: nos pilares, compostos por dois colmos verticais, há três peças menores de bambu, posicionadas entre eles, na parte inferior, intermediária e superior; estas peças possibilitam melhor distribuição dos esforços e cargas.

2. Internacionais:

Aeroporto de Barajas

Arq. Estudio Lamela/
Richard Rogers
Madri, Espanha
2006

- Utiliza a flexibilidade das lâminas de bambu, para viabilizar as ondulações da cobertura;
- Totalmente protegido em relação às intempéries.

Residência Gent

Arq. Sven Mouton/
Hilde Duerinck
Gent, Bélgica
2011

- Utilização do bambu, em reforma de residência, em lote urbano;
- Pilares de bambu, com peças metálicas nas bases, conectando-os às fundações; as peças metálicas, garantem afastamento dos colmos ao solo;
- Bambus protegidos das intempéries;
- Estrutura de bambu, com peças independentes;
- As terças, do telhado, também têm peças metálicas, nas extremidades, conectando-as às vigas estruturais.

WBC 2012

Arq. Nic Geerard /
Bebamboo
Merksplas, Bélgica
2012

- Sistema pré-fabricado e modular, que permite montagem, desmontagem e transporte com facilidade;
- Possibilidade de reposição de peças danificadas;
- Utilização de anéis e braçadeiras metálicas;
- Hastes metálicas fixadas, internamente, aos colmos, possibilitando a conexão com os nós metálicos.

Pavilhão Portugal

Arq. Celina Llerena
São Teotônio, Portugal
2013

- Utilização de braçadeiras metálicas;
 - Peças de aço, internamente, para união entre colmos;
 - Pilares, vigas, vedações externas e estrutura da cobertura: bambu utilizado como material predominante [exceto pelo pilar central, seccionado e suspenso, de eucalipto];
 - Encaixes entre colmos bem executados;
 - Beiral generoso para proteção às intempéries;
- Manilhas de concreto, como fundações, garantem afastamento dos bambus do solo;
 - Estrutura de bambu suporta telhas cerâmicas.

MARCO HISTÓRICO

A utilização do bambu é uma tradição milenar recorrente em diferentes culturas e regiões; são hábitos arraigados e incorporados ao cotidiano de forma natural. Aliar o conhecimento tradicional à busca por novas tecnologias é um caminho que há muito vem sendo percorrido por inúmeras pessoas; há muitos nomes a serem mencionados. Porém, não se pode deixar de citar as contribuições advindas de “El Maestro”, Oscar HIDALGO-LÓPEZ, a quem tantos influenciou, como Simón Vélez, Marcelo Villegas, Celina Llerena, Antonio Ludovico Beraldo e muitos outros...

“(...) the anatomy and physiology of bamboo are the basis for understanding not only the structural behavior of bamboo, but also the thousands of different applications of this marvelous plant that has been considered to be a gift of Gods since ancient times” (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

O arquiteto Simón Vélez é referência na utilização do bambu como material construtivo. Coube a ele o mérito de fazer com que a Europa olhasse para as possibilidades construtivas do bambu. Fez o projeto para um pavilhão da Expo 2000, em Hanover, na Alemanha. Só foi possível sua construção lá, após a execução de um protótipo idêntico, em escala real, na cidade de Manizales, na Colômbia, onde foram realizados inúmeros testes de cargas e esforços, inclusive por uma comitiva alemã. Comprovados os testes e aprovado em todos

os quesitos, autorizou-se sua construção na Alemanha. A partir daí, o olhar europeu voltou-se ao bambu; conhecido há séculos pelos asiáticos e latino americanos. Um novo olhar fora lançado à utilização do bambu. Conexões metálicas e processos pré-fabricados tiveram pesquisas amplificadas. Soluções que respondem aos anseios de outras culturas e que possibilitam novos usos e concepções. Mas há muito o que aprender, ainda, na maneira tradicional que chineses, japoneses, vietnamitas, colombianos, equatorianos, entre outros, lidam com bambu; observar quais são as respostas já encontradas. Muito embora, eles também continuam pesquisando e desenvolvendo novas soluções e utilizações, como por exemplo, na utilização de peças estruturais laminadas.

Assim como em uma mesma touceira convivem brotos, colmos jovens, maduros e velhos, assim deve ser a relação com as soluções tradicionais, contemporâneas e as buscas futuras: respeito e convivência harmoniosa. Não há necessidade de suprimir nenhuma; apenas perceber qual a melhor solução para determinada situação. E se nenhuma delas atender às necessidades e anseios, por que não buscar uma nova? Assim é o bambu, potencialidades para inúmeras possibilidades.

CONCLUSÃO

“Conforme as diferentes sociedades humanas iam desenvolvendo-se com variadas influências de clima, o ambiente natural, as relações sociais e as disposições raciais, também tiveram que modificar suas combinações, nas quais organizavam-se os quatro elementos da arquitetura: alguns cada vez mais desenvolvidos, enquanto outros não passavam do segundo plano”.⁸

A influência do lugar, do ambiente, da cultura, permeia cada projeto. E as diferenças tornam-se atrativos, singularidades de culturas distintas, que podem nos sensibilizar e encantar.

Quais as sensações e significados despertados quando se vislumbra uma obra com bambu? Como explicar que culturas e tradições tão díspares rendam-se ao seu encanto de forma tão similar, na medida em que o elegeram como material construtivo da casa, do abrigo?

⁸ SEMPER, GOTTFRIED – **The four elements of architecture and other writings**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

⁹ Conceito a partir de fala proferida pelo Prof. Reginaldo Ronconi, durante a disciplina de graduação, Construção do Edifício 2, na FAU/USP, em 2014.

Cabe ao arquiteto a decisão criteriosa da escolha dos materiais empregados, elegendo aqueles que são mais pertinentes ao projeto como um todo. ⁹

A adequação do material, ao uso que ele desempenhará, é essencial. Ter pleno conhecimento das vantagens e desvantagens que cada material apresenta, para cada situação e solicitação envolvidas, é um fator relevante na tomada de decisões que implicam e estão estritamente relacionados à adoção daquele partido arquitetônico.

Questões que devem previamente ser analisadas e contornadas, porém sem descartar sua utilização a priori. Abster-se de pré-conceitos, para com os materiais e soluções construtivas, é premissa para que haja mudança de paradigmas.

Cada projeto é único; abrange um determinado programa; está inserido em um local específico, com suas características, vantagens e desvantagens, em vários aspectos. A concepção de um projeto arquitetônico é complexa, envolvendo a análise de inúmeros fatores em esferas distintas desde a topografia, aos anseios dos clientes. Refletir sobre materiais e técnicas construtivas a serem adotados é

apenas uma parte de todo o processo envolvido. E, conhecer as vantagens e desvantagens de cada material, auxilia muito no desenvolvimento do projeto como um todo.

O bambu é um material muito versátil, que atende bem a uma série de demandas; desde o reforço estrutural [aliado ao concreto], à própria estrutura, podendo ser também utilizado em painéis de vedações, dentre outras formas de utilização. Mas, esta versatilidade deve ser observada com atenção, a fim de que se possam respeitar seus limites e características.

Como todo material construtivo, nem sempre a utilização do bambu é a mais adequada. Por vezes, há limitações que devem ser respeitadas e observadas já na concepção do projeto arquitetônico. Há outras variantes envolvidas, como a dificuldade para obtenção de colmos tratados e, até mesmo, de trabalhadores aptos à lida.

Devem-se analisar fatores diversos, desde a procedência dos colmos, o tipo de tratamento empregado, como se dará o transporte à obra, até questões referentes à integridade física/mecânica do material.

À medida em que mais projetos valerem-se da utilização de bambu, e demais materiais naturais, como materiais construtivos, mais

rapidamente a mudança de paradigma ocorrerá, e haverá o fortalecimento da intenção de integração à natureza de forma consciente, sensível e com respeito.

A opção de adoção destes materiais, de forma alguma impossibilita ou prejudica o ato de projetar do arquiteto. Pelo contrário, desperta e instiga-o para novas possibilidades. Especificamente, a compreensão do bambu, enquanto material construtivo, faz-se necessária para sua adequação e melhor aproveitamento de suas características. Alguns aspectos devem ser observados, tais como sua proteção às intempéries e distanciamento do solo, através da utilização de fundações. São adequações técnicas que não tolgem a criatividade dos arquitetos, que tiram partido destas condicionantes para elaboração dos projetos.

É possível, sim, construir-se aliando técnica, beleza, funcionalidade, integração ao meio, à paisagem, respeito à natureza, às pessoas, aos seus conhecimentos e tradições. Há que se resgatar valores essenciais, resgatar a arquitetura plena: na sua forma, conteúdo e linguagem. E o bambu contribuirá para esta construção da arquitetura contemporânea.

(...) o aproveitamento das habilidades artesanais e materiais locais, além de uma receptividade à luz e ao clima da região. Essas características ajudam a criar uma arquitetura mais espacial e experimental (...) uma arquitetura baseada nas práticas construtivas regionais é mais correta do ponto de vista ecológico, além de diferenciada do ponto de vista estético.¹⁰

Para Mc Donough, prosseguir com os hábitos e práticas usuais da arquitetura é assumir uma atitude negligente em face do reconhecido caráter tóxico dos materiais e processos construtivos atualmente em uso. Essa posição radical exige novas definições de prosperidade, produtividade e qualidade de vida, e isso começa com a reconciliação do homem com seu lugar no mundo natural. A compreensão de que a natureza não é imutável requer uma atitude de integração e comprometimento com a renovação e a recuperação da terra e de seus sistemas de vida.¹¹

¹⁰NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Frampton, p. 503].

¹¹NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [p. 74].

Representação pode ser entendida como apresentação aos sentidos; apresentação à alma. Vislumbrar formas e cores. Mas a representação tem dupla natureza: uma racional, como a “impressão”; e outra, autônoma, distinta por si só; produto e objeto da ação e do pensamento humano.

Já dizia Aristóteles que “as imagens aparecem para nós, mesmo de olhos fechados” [Aristóteles, *Da Alma*, 2007, p.111].

Ora, se vasto é o poder das imagens, por que não trilhar novos percursos valendo-se delas? Explorar culturas através da arquitetura que produzem. Enveredar por caminhos distantes e observar as tramas que compõem a tradição, a cultura. “(...) tudo depende da capacidade da cultura regional de recriar uma tradição de raízes locais e de, ao mesmo tempo, apropriar-se das influências estrangeiras seja no plano da cultura, seja no da civilização”¹²

Analisar as semânticas das obras implica na observação atenta do gesto do arquiteto e na contextualização daquela obra, quer seja na correlação com as demais obras daquele autor, quer seja na sua relação e inter-relação com as demais obras daquele contexto, do lugar ao qual ela pertence, do meio que a circunda. Quais são as

¹²NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Ricoeur, p. 506].

características locais, regionais e temporais; quais são as influências e paradigmas aos quais ela está submetida?

*Genius loci*¹³, *Zeitgeist*¹⁴... definem a importância e influência do meio no objeto, mesmo que filtrado através do repertório, do olhar e interpretação do arquiteto naquele momento da concepção do projeto. Sua percepção e maneira de interpretação estão retratadas e registradas naquele objeto: a obra arquitetônica; que muitas vezes torna-se atemporal.

Atemporal também nas lembranças daquele observador que fora tocado, de alguma maneira, por uma obra visitada, vivenciada. Lembranças, emoções, pequenos recortes visuais que se tornam tão caros àqueles que se sensibilizaram por um instante sequer. A luz que penetra suave ou desafiadoramente; a brisa que percorre gentilmente o lugar; formas delineadas que definem os espaços.

“(...) Arquitetura como a capacidade de dar significado ao ambiente mediante a criação de lugares específicos”.¹⁵

Muitos são os artifícios para se conceber um lugar de estar: ritmo; movimento; intensidade; sutilezas; são as notas orquestradas pelos arquitetos. Traços que se transformam em espaços construídos;

formas peculiares, texturas distintas, variações cromáticas, materiais diferentes são as paletas disponíveis. Composições únicas derivam destas combinações. Intenções determinam as escolhas. Sensações pretendidas norteiam as decisões.

¹³ “*Genius loci* é um conceito romano. Na Roma antiga, acreditava-se que todo ser ‘independente’ possuía um *genius*, um espírito guardião. Esse espírito dá vida às pessoas e aos lugares, acompanha-os do nascimento à morte, e determina seu caráter ou essência. Até os deuses tinham seus *genius*, o que ilustra bem a natureza fundamental do conceito”. NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Cristian Norberg-Schulz, p. 454 – “O Fenômeno do Lugar”].

¹⁵ NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Cristian Norberg-Schulz, p. 443].

Questões técnicas também estão envolvidas: sempre. Forma é igual estrutura. Estrutura é igual forma. Explorar as possibilidades e potencialidades dos materiais é o que permeia e norteia os projetos. Experimentar.

O fato de um mesmo material ser utilizado de maneiras tão distintas, tão particulares, denota a riqueza de culturas, tradições, estéticas, que devem ser valorizadas. A valorização da singularidade é sinal de respeito à diversidade; respeito à história de cada um e reconhecimento à beleza que deriva da compreensão, do entendimento do outro. Notamos as semelhanças entre as obras de uma mesma região, ou país. A maneira de “enxergar” o bambu interfere diretamente na sua utilização.

Projetos que se valem do bambu, inevitavelmente, transitam pela experimentação: quer seja nas alternativas de conexões e encaixes, no tipo de tratamento, na maneira como serão utilizados: se na forma natural, laminados ou incorporados a outros materiais. Independente do papel que desempenham no projeto, aquelas características inerentes ao arquiteto e ao entorno podem ser apreendidas.

Para os orientais, o bambu é sagrado e utilizado ancestralmente. Está enraizado, incorporado à cultura, aos hábitos e costumes. Empregado de diversas maneiras, como alimento, utensílios, moradias, transporte, é meio de sustento e sobrevivência. Suas características naturais inspiram condutas morais: firmeza, flexibilidade...

Sua apropriação é inerente àquelas culturas; pode-se depreender isto de suas arquiteturas. Utilizado em abundância e, ao mesmo tempo, equilíbrio, evoca leveza, suavidade e elegância. A maestria em seu uso está diretamente relacionada à intimidade com o material e o respeito ao bambu. Respeito e gratidão pelas dádivas por ele fornecidas.

“Tadao Ando chama a atenção para uma importante diferença entre as atitudes ocidentais e orientais para com a natureza: a cultura japonesa enfatiza um limiar espiritual entre a construção e a natureza, enquanto a cultura ocidental lhes interpõe uma fronteira física”.¹⁶

¹⁶NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [p. 493].

No Vietnã é conhecido como “O Irmão”, na China “O Amigo das pessoas”. E na Colômbia, é chamado de “a madeira dos pobres”. Colômbia, Equador, Costa Rica, têm repertório em sua utilização; mas como no Brasil, ainda, muitas vezes, é associado às construções temporárias, rurais ou não adequadas.

Equívoco gerado pelo pré-conceito e falta de repertório. Inúmeros são os exemplos bem sucedidos que demonstram sua utilização de forma plena, primorosa. Um material com características apropriadas ao desempenho na construção civil e que pode ser obtido sem sacrificar a natureza; recursos naturais, bens tão preciosos que, nos dias atuais, por sua escassez, têm seu valor reconhecido. Planta perene, de rápido crescimento, permite a colheita de um colmo sem prejudicar os demais. Pode ser um substituto à madeira, ao aço. Sem radicalismos, pode ser empregado de inúmeras formas, contribuindo para a preservação dos bens naturais. Um importante aliado para a manutenção da saúde do planeta e das pessoas.

“O movimento da ‘sustentabilidade’ apóia-se na noção fenomenológica de que uma relação com a natureza é essencial para a plena realização das potencialidades humanas no planeta”.¹⁷

(...) “há uma relação genuína e intrínseca entre a arquitetura e a ética”, no sentido de que os edifícios e as cidades encarnam uma ética, seja ela comunitária ou individualista. (...) as comunidades atuais precisam ressuscitar a noção do “bem comum” e representá-la na arquitetura. (A crença no bem comum é essencial para o êxito do movimento ambientalista, que conclama a mudanças voluntárias de comportamento, provavelmente difíceis ou incômodas, a fim de promover o aperfeiçoamento global).¹⁸

¹⁷NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [p. 74].

¹⁸NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Bess, p. 72].

“O detalhe explica o ambiente e manifesta sua qualidade peculiar”.¹⁹ Depreender a singularidade e simultaneamente vislumbrar sua coerência ao conjunto. “O ato fundamental da arquitetura é compreender ‘a vocação do lugar’”. Feito isto, torna-se plena, inabalável e é exatamente isto que permite uma compreensão do conjunto como um todo. Perceber as sutilezas de cada projeto permite a aproximação à sua verdade; à sua proposição. Cada um tem sua beleza, personalidade; despertam sensações. Cada um satisfaz o desejo primordial de “estar em paz num lugar protegido”²⁰, como disse Heidegger.

¹⁹ NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Schulz p.443]

²⁰ NESBITT, Kate (org) – **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)**. São Paulo: Cosac Naify, 2006. [Heidegger p.458]

ANEXO: KENGO KUMA

Em novembro de 2014, o arquiteto japonês, Kengo Kuma ministrou uma palestra, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, discorrendo sobre algumas de suas obras, correlacionando seu pensamento à sua relação com a natureza, à arte, ao vazio; as influências da cultura japonesa, intrínsecas às suas concepções, que permeiam sua relação com espaço interior e exterior; além de inspirações advindas de sua contemplação e percepção à vida e às manifestações da natureza. Inspirações, às suas obras, a partir de uma pintura de Cézanne ou do interior de uma romã. Sensibilidade exacerbada, olhar contemplativo e inquietação inventiva influenciam seu processo criativo. Ao longo da palestra, a importância do vazio foi ressaltada inúmeras vezes, demonstrando estar intrínseca à realização de seus projetos, enraizado na tradição de seu povo e parte da formação do próprio arquiteto. Elemento da cultura e crença japonesa, ao vazio, é dada a importância semelhante a qualquer outro elemento e ressaltada sua força tão presente. A força que um abismo transmite, a gravidade que ele contém seria apenas uma exemplificação; este elemento possui uma abrangência muito grande de denotações em sua obra. Kengo Kuma citou-o e o utilizou, dentre outros aspectos, como um elemento integrador, fazendo a conexão entre as pessoas e o espaço; trazendo fluidez e deixando haver movimentação e circulação nos ambientes. A valorização da presença da natureza e interação ao projeto, pode ser demonstrada, por exemplo, na inspiração em um penhasco: forma rochosa natural, à beira mar, que teve seu contorno e camadas utilizados como inspiração na concepção de um projeto, em Londres. A intenção em relação às sensações despertadas em cada espaço; a simplicidade como referência, são características arraigadas em suas obras. Citou o projeto realizado na muralha da China, onde o bambu é o elemento integrador, característico das tradições japonesa e chinesa; e esta integração torna-se notável no que diz respeito à circulação e a forma como ele é elemento de harmonização dos ambientes. A seguir, serão apresentadas algumas obras, desenvolvidas pelo escritório Kengo Kuma & Associates, realizadas entre 2002 e 2013, nas quais o bambu se faz presente.

Figura 581: GREAT BAMBOO WALL
Beijing, China - 2002 Fonte: <www.kkaa.com>

Fig. 582: NTT AOYAMA BUILDING RENOVATION PROJECT
Tóquio, Japão – 2004 Fonte: <www.kkaa.com>

Figura 583: GINZAN ONSEN FUJIYA
Yamagata, Japão – 2006 Fonte: <www.kkaa.com>

Figura 584: JUGETSUDO
Paris, França – 2008 Fonte: <www.kkaa.com>

Figura 585: CHA CHA MOON RESTAURANT
Londres, Inglaterra – 2009 Fonte: <www.kkaa.com>

Figura 586: NEZU MUSEUM
Tóquio, Japão – 2009 Fonte: <www.kkaa.com>

Figura 587: BAMBOO / FIBER HOUSE
Japão – 2010 Fonte: <www.kkaa.com>

Figura 588: GARDEN TERRACE MIYAZAKI
Miyazaki, Japão – 2012 Fonte: <www.kkaa.com>

"Great (Bamboo) Wall

In this project, ten chosen Asian architects were commissioned to design ten residences each, creating a hundred residences all together in a forest adjacent to the Great Wall of China, an environmentally mutual commune.

Our basic notion of this project was to leave the original geographical features intact and to utilize the locally produced materials as much as possible.

The idea of leaving the land intact is a common consent with the planning ideology of the Great Wall.

All the 20th century houses in the suburbs had been built on flattened land. Planning and locating architectural objects like that seems to be a common way.

We felt however such a method not to be suitable for the beautiful land of China with an intricate undulation. For our concept, it was hence the best solution to build a wall without interfering with the original geographical feature, but instead enhancing it.

Therefore, the plan was to design the wall as a filter formed with bamboo.

There are several reasons we chose bamboo as the principal material. First of all, we thought charm in the material's weakness. The Great Wall built with solid stone and brick had been a device to sever the world of civilization and savage, while the bamboo filter would on the other hand allow light and wind to pass through.

Also, the bamboo filter could work as a connection between the worlds.

Historically been brought to Japan from China, the bamboo is a symbol of cultural interchange between those two countries.

We intended this building to be a similar symbol of Cultural interchange".

Kengo Kuma, 2015.

Figura 589: Vista externa *Great [Bamboo] Wall*. Fonte: Kengo Kuma.

Kengo Kuma e mais dez arquitetos asiáticos foram convidados a desenvolver projetos de residências em uma área verde próxima à Muralha da China. O único pré-requisito, comum aos projetos das centenas de residências, foi o de causar o menor impacto possível ao entorno. O arquiteto japonês diz que seu principal objetivo foi de aprender com a Grande Muralha e sua formalidade. Foi constantemente atraído pelo fato da Grande Muralha nunca ter sido um objeto isolado. Sua qualidade formal de correr quase interminavelmente ao longo do ondulante cume, integrada ao ambiente circundante, foi a qualidade que o atraiu. Este fato foi o apelo à uma crítica em relação à forma convencional de arquitetura, que tende a ser um objeto isolado do ambiente. Assim, a intenção foi de aplicar esta qualidade da Grande Muralha para o ato da habitação.

Figura 590: Vista externa *Great [Bamboo] Wall*. Fonte: Kengo Kuma.

É por isso, a casa é intitulada-se “wall”, ao invés de “house”. Quanto ao material, sempre que possível, foi utilizado bambu; já que seu significado é importante entre as culturas chinesa e japonesa. Dependendo da densidade e diâmetro de cada bambu, ele oferece uma variedade de conformações do espaço, criando um ambiente acolhedor, com uma atmosfera variada. Tirando máximo partido destas características, os arquitetos decidiram colocar um muro de bambu, uma camada de bambu ao longo da inclinação do terreno, assim como a Grande Muralha. Esta, que no passado, segregou culturas; mas este muro de bambu não seria uma divisão, e sim uma união entre vida e cultura, de várias maneiras, como partículas da Grande Muralha. [tradução livre, da autora: texto extraído do site www.kkaa.com]

A sensibilidade permeia este projeto em vários aspectos. A casa acomoda-se discretamente num platô e sua fachada de bambu integra-se ao verde circundante. As diferentes espécies de bambu, resultaram nas diversidades cromática e sensorial, decorrentes dos diversos diâmetros empregados, criando um ambiente acolhedor, com uma atmosfera variada. A cadência, da disposição das varas de bambu, cria ritmo, além de transparência e um rico jogo de luz e sombras. Despertam interesse na medida em que simultaneamente brinca de esconder e revelar. A escolha dos demais materiais empregados foi precisa; também evidenciam os contrastes cromáticos e de texturas. O piso negro, contrasta com o branco alvo das paredes e valoriza a tonalidade dourada dos bambus, que alinham-se nos tetos e vedos. O desenho limpo, de linhas ortogonais, é valorizado e evidenciado com a disposição dos bambus em seus variados espaçamentos. A passarela suspensa, finge flutuar sobre o espelho d'água e nos leva para um ambiente que parece feito para contemplar a natureza que envolve e acolhe toda a casa. Kengo Kuma conseguiu, com maestria, a simbiose das culturas chinesa e japonesa e suas premissas tão impregnadas de significados. É uma obra contemporânea carregada de signos ancestrais.

Figura 591: Vista interna. Fonte: Kengo Kuma.

Figura 592: Vista interna. Fonte: Kengo Kuma.

ANEXO: KENGO KUMA & ASSOCIATES

Houve a oportunidade, após a palestra, de uma breve conversa com o arquiteto. Contou sobre um projeto, em desenvolvimento no Japão, onde estão utilizando bambu *Guadua angustifolia*, proveniente da Colômbia.

Posteriormente concedeu uma entrevista, por e-mail, além de enviar material sobre o atual projeto. Ambos encontram-se a seguir:

"The Skin Of Bamboo, The Spirit of Bamboo

I wanted to make houses entirely of bamboo. I built one in Kamakura and one is under construction on a site next to a corner of the Great Wall of China. I have a strong passion for bamboo. That's why I want to make houses out of bamboo. The floors, walls, and ceilings are all bamboo. Then I am living surrounded, enveloped in bamboo. The pillars are also bamboo. There are several difficulties in making the pillars bamboo. The exterior of bamboo, the "skin," is weak and fragile, and bamboo is difficult to utilize as is as a structural pillar. The bamboo interior has hard membranes of vascular bundles separating each hollow chamber along its stalk. But those in the bamboo pillars in my houses are removed and a steel rod, reinforced with concrete, runs through the entire length of the hollow stalk. The bamboo pillars look perfectly natural from the outside, but have concrete and steel strengthening the center.

I envelop myself in bamboo. I become enclosed by the delicate, simple and unpretentious skin of the bamboo. Japanese cedars and cypress logs do not have this beautifully smooth skin. In addition, a space or room created by assembling cedar or cypress logs has no sense of tension or presence, and lacks charm and appeal. On the other hand, enclosures created with bamboo are filled with a feeling of tension... a unique sense of stretched presence of the skin of the bamboo. Just sitting inside places the soul in a different state of being. On the other hand, sawed cedar and cypress bear a smooth surface, but lack skin. They have also lost the peculiar raw and born-in-the-wild feeling that only natural skin possesses. Skin and outer surface are different. Concrete has an outer surface, but not skin. On top of that, I don't find concrete to be particularly attractive. That's because without skin, the soul within never appears. Bamboo has particularly beautiful skin. And, bamboo has a soul residing within. In Japan there is a famous children's

tale about how "Princess Kakuyahime," the Moon Goddess, was born inside a stalk of bamboo. People believed the story that she was born inside a stalk of bamboo because bamboo has a peculiar type of skin and possesses a soul.

I believe that structures and buildings must also have a skin, not just an outer surface. That's because without it, there would be no place for the soul of the structure to reside within. The skin is not just the outside of something; it is a living organ. The role of this delicate, high-functional organ is to facilitate the interaction of the natural world inside the structure with the natural world on the outside. This is interaction and not blockage or isolation. Through the skin, the natural world on the outside filters into the natural world on the inside, and reversely, the natural world on the inside permeates the skin into the natural world on the outside. It is this two-way permeation of essence that preserves life, and it is within this process that the soul is born. And, this soul resides neither in the heart nor in the brain. If you believe this, then you would appreciate that if you removed the heart or brain, it would be clearly evident that the soul does not live inside them. There is no soul in the center of those organs.

It is this type of structure, in other words, one that enables interaction between the inside and outside worlds, that I wish to build. One of the methods of construction would be to use walls with louvres and Japanese paper. These would allow the light, wind, sound and other elements existing in the outside natural world to filter into the inside, and the light, air, and other elements generated inside to flow to the outside, all through the skin of the structure. And if I wanted to utilize stone to be the construction materials, I would bore minute holes through the stone in an attempt to use stone as the skin of the structure, and try to generate lively interaction between the outside and insider worlds. When I design the skin, the designing work for the entire structure is almost completed. For me, designing a structure is all about designing the skin.

With a living body and an inanimate structure, what exterior form or shape it may take is not a major issue. What is most critical is whether or not it bears skin and what type of skin used. This is to say, what kind of inner soul will the body or structure possess is intrinsically relevant".
Kengo Kuma, 2015.

南米の竹「グアドゥア」による「やたら組み」の「つなぐ」ディテール

◎竹の建築計画

熊本市西部の白川下流と坪井川下流に挟まれた中洲にある、老舗の醤油蔵の改修プロジェクトである。江戸末期から現在にかけて増改築が繰り返された、20棟もの建物が一体となって一つの建物を形成している大変ユニークな建物で、そのうち6棟が7年前に国登録有形文化財に指定されている。現在は7代目が後を継ぎ、新たな醤油づくりのため、適応しなくなった古い蔵の改修と、人を招くための新しい建築と広場をつくりたいというのが当初の計画であった(写①)。

20棟の建物は、意匠も構造形式もまったくのばらばらで、共通の通り芯すら存在しない。しかし、内部空間は緩やかにつながり、そのばらばらな蔵同士が寄せ集まって、独特の一体感と存在感をつくり出していた。そこに新たに追加する建物も、これまでの要素とはまったく違う竹の建築を挿入することとなった。初めは、地元の竹を使い建築がつかれないかと、構造設計者の江尻憲泰氏とともに進めていたが、普通の竹では建物の荷重に耐えられないということで、南米の「グアドゥア」という竹であれば、木と同等かそれ以上の強度があるのではないかとということがわかった。早々現地の日本人に協力してもらい、何とか南米コロンビアからグアドゥアの輸入に成功した。日本に到着したグアドゥアは日本の竹とは明らかに違い、直径10~13cm、厚さ2~3cm、長さが12mもあり、根はまるで特殊な生き物のような様相を呈していた(写②)。

そして、新たに挿入する建築は、それぞれの蔵と広場をつないでいく「やたら組み」による架構形式を

竹は一本を半分に裂いて使用し、レイヤーごとにばらばらの方向に向けた竹同士を重ね合わせ、それぞれのジョイント部には竹が割れてこないように、空洞部に木片を挿入し、さらに高耐候性接着充填剤(リペアケア:ドライフレックス)により、竹と木が一体となるように接着して補強してから、ボルト接合する方法を採用した。ドライフレックスは、木、石、金属からコンクリートまで、ほぼすべての素材の接着に使用することができ、硬化すると木と一体となり、鉋掛けや彫刻まで行える加工性と、耐候性、耐水性のある素材である(写③④)。

◎蔵の改修と竹の耐震補強

既存の蔵の改修を進めると、次々と問題が発生した。建物は、ほぼ無計画に部分的な増改築が繰り返された結果、構造的にもアンバランスな状態となり、さらには、外壁の土壁が次々と剥がれ落ちてくる始末で、竹の建築どころか、蔵の修繕に予算と時間をつぎ込むこととなった。

剥がれ落ちた土壁の下地には細かく裂いた竹小舞や丸竹で組んだもの、さらに野地板には煤竹が使われていた。元々蔵と広場の中間的存在として考えていた竹の建築を、蔵の修繕に利用できないかと考え、グアドゥアの強靱な性質を利用し、竹の耐震補強とインテリアの意匠を兼ねた「やたら組み」で、それぞれの蔵の軸組を縫い合わせていくことにした。

竹籠などに使われる「やたら組み」も、六つ目編みをベースフレームに、縦横無尽に挿しながら網目をつづしてゆく手法であるため、ばらばらの構造フレームに柔軟に対応しつつ、つないでいける「やたら組み」は、耐震補強には適したディテールであった。さらに既存の内装にはほとんど手を入れずに、ただ足していくことで、意匠と構造の中間的存在として、蔵に寄生する「やた

①20棟の建物が寄せ集まっている屋根の様子が見える鳥瞰写真。醤油蔵の玄関口である酒屋(店舗)と酒場の土壁の蔵が建ち並ぶ敷地北側の蔵通り。ともに国登録有形文化財に指定されている

②コロンビアの現地で、防腐、防虫オイル処理後に乾燥させてからコンテナで出荷される

③当時の竹の建築計画(イメージバース)。グアドゥアによる「やたら組み」のモックアップ

④模型と継手サンプルおよびモックアップで継手の検討

⑤既存の軸組に取り付け「やたら組み」

Fig. 593: Informações sobre obra, com bambu, em desenvolvimento no Japão. Fonte: Kengo Kuma.

竹の構造利用への試み

本プロジェクトは、9年前から進めているプロジェクトで、諸事情により進んだり止まったりしながらゆっくりと現在でも徐々に進行している。

元々、本プロジェクトは、木造でできた醤油工場の改修および竹を構造体としたパーゴラをつくる計画であった。

◎竹構造の計画

竹のパーゴラは、外部で雨風に曝されるので、耐久性のある竹が必要であった。中南米では、竹が構造体として使われているとのことで、知り合いを通じて、中南米のコロンビアよりグアドゥアという肉厚の竹を輸入した。竹は、現地で切り出され、乾燥後に重油で防腐処理が施されコンテナで日本へ運ばれた。

グアドゥアは、日本の孟宗竹と外形的にはおおよそ同じ大きさであるが、肉厚が厚い(写⑥⑦)。

当時、竹の構造体に関するさまざまな文献調べたが数少ないために、基本的な強度試験(写⑧~⑩)および丸竹の曲げ試験を行っている。その後、グアドゥアだけでなく、バングラデシュのボラック竹や佐渡の真竹、淡路島の孟宗竹を扱う機会があったので、合わせて表にまとめる(表1, 2)。試験結果から日本の孟宗竹や真竹と比べ、断面積当たりの強度はそれほど高くないが、肉厚が厚い分だけボラックやグアドゥアの強度が高いことがわかる。なお、本試験は個別のプロジェクト用なので、実際には、場所や切り出した季節などの影響によりばらつきが多いため、一般的な強度として使うにはサンプル数が少なく、竹を構造として扱う場合は、個別に強度の試験を行った方がよいと思われる。

本設計は、隈研吾建築都市設計事務所によるが、デザインとして、竹を半割にしてパーゴラをつくる基本方針であった。また、竹の構成をいろいろと考えたが、日本古来よりある「やたら組み」という竹を編む手法を参考に「やたら組み」による架構が検討された。初めての試みで、モックアップにより、意匠だけではなく、構造的な特性も確認することになった。有限要素

表1 単位面積当たりの強度比較(種類別) 単位: N/mm²

分類	種類	産地	圧縮	引張	曲げ
バンブー	グアドゥア	コロンビア	61.8	117.9	134.2
バンブー	ボラック	バングラデシュ	58.0	125.0	94.7
タケ	孟宗竹	兵庫県	59.6	186.0	168.0
タケ	真竹	新潟県	73.6	73.9	113.0

表2 単材としての強度(写⑧参照)

分類	種類	産地	外径 mm	厚さ mm	圧縮 kN
バンブー	グアドゥア	コロンビア	101.0	25.5	205.0
バンブー	ボラック	バングラデシュ	113.0	28.8	222.0
タケ	孟宗竹	兵庫県	83.3	13.9	98.0
タケ	真竹	新潟県	92.3	12.3	108.0

きな誤差が出ることで予想されたので、剛性を求める目的で、モックアップを起震機で揺らし振動実験を行っている(写⑪)。スワイプ試験により振動数を変えながら固有振動数を確認したのであるが、個材が別々の箇所で大々共振してしまい、構造体全体の剛性は確認できなかった。その後、試験方法を変えることを考えていたのであるが、この時点で一端計画が中座してしまい、残念なことに、再度、計測をすることができなかった。

モックアップを製作するまで、ジョイント方法も多く検討(写⑫)した。半割の竹を使うために内側に円筒を半分にした形状の木を接着剤で取り付けてボルト留めとする方法(写⑬)を採用し、引張試験を行った(写⑭)。竹を丸のまま使う場合は、ジョイント部分の応力伝達が難しいが、半割にすると比較的力を伝えやすいディテールとすることができ、15kN程度の引張力に耐えることが確認された。

◎大きな木造の醤油工場

木造の醤油工場自体も改修を行う計画も並行していた。現在では、川の護岸工事のため川の本流からは離れているが、本体は土手の一部が基礎となっている。木造としては、非常に大きな伝統的建築物である。醤油が使われていることや、切妻屋根が折り重なり雨水が建物中央に集まりやすいこと、白蟻や湿気による腐朽で建物が傷んでいる状態であった。今でも工場として使われているために、部分的な工事に対応しながら、改修工事が継続している。

◎店舗部分の改修工事

本建物に関して構造体に手を付ける工事のときには、基本的には面材や木筋かいによる補強方法を提

⑧圧縮試験

⑨圧縮試験

⑩小片曲げ試験

⑪振動実験

⑫最終ジョイント

⑬グアドゥア

⑭孟宗竹

⑮ジョイントいろいろ

図1 改修図 S=1:150

われずに残っていたので、竹を意匠的に用いる改修工事を行うとの話であった。デザインは、パーゴラで考えられた「やたら組み」から発想を得た形状で、

⑩ジョイント引張試験

⑪改修後状況

表3 経年の強度低下比較

試験日	種類	圧縮	引張	曲げ	せん断
2006/12/1	グアドゥア	61.8	117.9	134.2	14.1
2010/9/22	グアドゥア	58.0	102.2	94.0	11.9
2014/6/18	グアドゥア	58.0	98.5	87.0	—

単位: N/mm²

斜め材がランダムに既存の柱・梁に取り付いた形状であった(図1)。材が斜めに取り付いているので、耐震性が向上するため、全本数ではないが、柱梁の接合部近くにある竹を選んで、接合部を地震力の伝達が可能なように実験で強度を確認した仕様としている。本建物は、屋根面積が非常に大きく、屋根面の剛床を確保することが難しい構造のために、改修工事ごとに局部的な補強を行っている。建築基準法外の仕様であるが、建物が危険な状態になることがないと判断されたので、意匠ではあるが少しでも耐震性に寄与させることとした。

◎竹の耐久性

パーゴラをつくるプロジェクトがストップしているために、本敷地に長い間竹がストックされている。今回、プロジェクトが再稼働することと、耐久性を確認する目的で強度試験を行った(表3)。結果としては、曲げ強度で35%程度の劣化が見受けられた。保存状態として、屋根はかかっているもののほとんど雨風に曝された状態であり、竹の内部にも水が溜まっているものもあった。おそらく木であればほとんど使えない状態となるような環境なので、グアドゥアは本材と比べても耐

⑫孟宗竹による淡路島テラスのパーゴラ

竹は、世界的には建材として使われているが、残念なことに日本では構造材としては使用できない。丸い形状であり、ジョイントは難しいが、強度は木以上であり、その成長速度を考えると、地球環境にとって非常に有望な建材ではないかと思われる。日本の孟宗竹による外部につくられたパーゴラも、淡路島に完成し3年を経ているが、ジョイント部分が緩んでいるものの使用できる状態である(写12)。本試みの他にも、いくつか竹の構造体を試みているが、今後も機会があれば、もう少し、竹の建材としての可能性を探りたいと考えている。

竹の話とは少し異なるが、本件のような古い木造建物は、メンテナンスをしながら付き合っていく必要がある。他にも重要文化財ではないが、伝統木造の建物が多く日本には存在する。そのままの状態では腐朽してしまうのでメンテナンスが必要であるが、なかなか個人では補修や改修を行うことが難しく、状況対应的に

Fig. 594: Diferentes empregos do bambu. Fonte: Kengo Kuma.

ANEXO: PANYADEN SCHOOL

Fig. 595: Implantação. Fonte: Olav Bruin.

ANEXO: PANYADEN SCHOOL

Inserida na exuberante área verde, nos arredores de um antigo pomar de frutas, onde as montanhas mais altas da Tailândia encontram-se aos campos planos de arroz, está *Panyaden Shool*. O escritório, *24H Architecture*, foi contratado para conceber seus edifícios escolares ambientalmente amigáveis. Localizado ao sul da cidade de *Chiang Mai*, os 5.000 m² da escola primária consiste em um arranjo informal de pavilhões [salas], organizados ao longo das vias, inspirado pela forma da planta tropical, chifre de veado. Existem dois tipos principais de edifícios:

- O pavilhão-tipo, das salas de aula, tem paredes de taipa de pilão, suportando as cargas e dividindo o edifício em três salas de aula. As vedações externas são feitas de adobe. As janelas foram feitas com madeiras locais recicladas, garrafas de vidro e vidros provenientes das portas de máquinas de lavar-louças; as janelas de vidro proporcionam a estrada de luz natural nas classes. Os armários e as prateleiras estão todos integrados em uma parede curva de adobe, em torno do bloco sanitário. A curvatura e contornos da estrutura da cobertura de bambu espelham as montanhas do horizonte local.
- O pavilhão-tipo, de sala de convívio, é usado para funções variadas, tais como: sala de reunião e cantina. Pilares constituídos em feixes de bambu, partem das fundações de pedra, encontrando a cobertura de bambu; transmitindo a sensação de caminhar por uma majestosa floresta de bambu. A escola inteira foi construída a partir de terra e bambu locais; os colmos foram tratados, de forma natural, para suportarem as intempéries.

Legumes e arroz orgânico serão cultivados na propriedade da escola. Ambientalmente amigável, a escola faz tratamento de águas residuais e evita o desperdício de alimentos, utilizando-os na produção de fertilizantes orgânicos e de biogás para cozimento, completando a imagem de uma escola amiga do ambiente com uma pegada de carbono insignificante. *Panyaden Shool* tem como objetivo oferecer uma educação holística que integra princípios budistas e consciência verde com o conceituado, *curriculum* internacional de escola primária. ¹ Fonte: <http://www.24h-architecture.com/portfolio/24H-education.pdf>

Fig. 596: Implantação. Fonte: Olav Bruin.

Fig. 597: Inspiração para a implantação: planta tropical chifre de veado. Fonte: Olav Bruin.

Figura 598: Vista do terreno. Fonte: Olav Bruin.

Figura 599: Vista do terreno com escola implantada. Fonte: Olav Bruin.

ANEXO: PANYADEN SCHOOL

Figura 600 e 601: Maquete: edifício tipo pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Figura 602: Maquete: edifício tipo pavilhão salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figuras 603 e 604: Vistas frontal e lateral: edifício tipo pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Fig. 605: Processo construtivo: pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Figura 606: Processo construtivo: pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Figura 607: Processo construtivo: pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Figura 608: Pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Fig. 609: Det. cobertura. Fonte: O. Bruin.

Fig. 610: Det. cobertura. Fonte: O. Bruin.

Fig. 611: Det. cobertura. Fonte: O. Bruin.

Figura 612: Pavilhão de estar. Fonte: Olav Bruin.

Figura 613: Detalhe pilar. Fonte: Olav Bruin.

Figura 614: Processo construtivo: sala de convívio. Fonte: Olav Bruin.

Figura 615: Detalhe fundação. Fonte: Olav Bruin.

Figura 616: Sala de convívio. Fonte: Olav Bruin.

Figura 617: Sala de convívio. Fonte: Olav Bruin.

Figura 618: Vista externa: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 619: Corte longitudinal: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

ANEXO: PANYADEN SCHOOL

Figura 620: Processo construtivo: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Fig. 621: Processo construtivo: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 622: Processo construtivo: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 623: Processo construtivo: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Fig. 624: Planta de cobertura e corte longitudinal: salas de aula. Fonte: O. Bruin.

Figura 625: Processo construtivo: cobertura. Fonte: Olav Bruin.

Figuras 626 e 627: Processo construtivo: cobertura. Fonte: Olav Bruin.

ANEXO: PANYADEN SCHOOL

Figura 628: Processo construtivo: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 629: Planta baixa: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 630: Processo construtivo: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 631: Vista externa: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figuras 632 e 633: Vista interna: salas de aula. Fonte: Olav Bruin.

Figura 634: Bambus no terreno da escola. Fonte: Olav Bruin.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, GASTON – **A poética do espaço**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

BOLCHOVER, JOSHUA – **Vitamin Green**. New York: Phaidon Press, 2012.

CASAMONTI, MARCO – **Kengo Kuma**. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2011.

CUSSACK, V. **Bamboo world**: the growing and use of clumping bamboos. Sydney: Kangaroo Press, 1999..

CROUZET, YVES – **Bambuparque: Catálogo Geral**. Portugal.

DAVIES, COLIN – **Reflexiones sobre la arquitectura**. Barcelona: Editorial Reverté, 2011.

UNKELBERG, K. et al. **Bamboo as a building material**. Institute for Lightweight structures (IL) Karl Krömer Verlag Stuttgart. ISBN 3-7828-2031-2 NR. 31. Stuttgart: University of Stuttgart, 1996.

ESPOSITO, ANTONIO – **Tadao Ando**. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2011.

FARRELLY, DAVID. **The book of bamboo**. San Francisco: Library of Congress Cataloging in Publication Data, 1938.

FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. (Coord.) **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. [Capítulo 9] Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

INBAR. The International Network on Bamboo and Rattan. **International model building code for bamboo**. Jan. 1999.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Manual de construcción con bambú**. Estudios Técnicos Colombianos Ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigación de Bambu y Madera – CIBAM, 1974.

_____. **Bamboo the gifts of the gods**. Colômbia, Bogota: D'vinni Ltda, 2003.

_____. **Bambú: Su Cultivo Aplicaciones.** Estudios Técnicos Colombianos Limitada. Cali, Colômbia, 1974.

JANSEN, JULES – **Building with bamboo – A handbook.** Warwickshire: Intermediate Technology Publications, 1995.

KLEINE, HANS. **Bambu: tecnologia da durabilidade.** Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

LENGEN, JOHAN VAN – **Manual do arquiteto descalço.** Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2004.

LONDOÑO, XIMENA. **Evaluation of bamboo resources in Latin America.** Cali: Instituto Valle Caucaño de Investigaciones Científicas, 2001.

LIESE, W. **The structure of bamboo in relation to its properties and utilization.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL USE OF BAMBOO. 1992. Beijing, China. Proceedings... Beijing, 1992. p. 95-100.

_____. The anatomy of bamboo culms. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR). 1998. China. **Technical Report 20.** China, 1998. 4p

MIN, SHEN . **Bamboo in China.** Shanghai: Shanghai Press and Publishing Development Company, 2012.

MINKE, GERNOT. **Manual de Construcción con Bambú.** Cali, Colômbia Merlín S.E., 2010

_____. **Building with Bamboo – Design and Technology of a Sustainable Architecture.** Basel: Birkhäuser, 2012.

MOSCO, VALERIO . **Steven Holl.** São Paulo: Folha de S. Paulo, 2011.

NESBITT, Kate (org.). **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995).** São Paulo: Cosac Naify, 2006.

OLIVEIRA, Edith Gonçalves de. **Bambu: investigação de novos empregos na construção civil.** 1980. 151p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru: Canal 6 Editora, 2007.

PITKIN, HANNA FENICHEL. **El concepto de representación.** Madrid: Centro de Estudios Constitucionales, 1985.

SEMPER, GOTTFRIED. **Style in the technical and tectonic arts, or, Practical aesthetics.** Los Angeles: Getty Research Institute, c2004.

_____. **The four elements of architecture and other writings.** Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

STAMM, J. **La evolución de los métodos constructivos en bambú.** In: CONGRESO MEXICANO DEL BAMBÚ, 2. 2007. Puebla. **Anais...** Puebla, México, 2007.

UNITED NATIONS. **The use of bamboo and reeds in building construction.** Department of Economic and Social Affairs. Nova York, 1972.

VESELY, DALIBOR. **Architecture in the age of divided representation: the question of creativity in the shadow of production.** Cambridge: Mass, 2004.

VIDIELLA, Àlex Sánchez – **Bamboo.** Barcelona: Ed. FKG, 2011.

VILLEGAS, M. **Tropical Bamboo.** Rizzoli International Publications, Inc. Nova York, 1990.

VITRA DESIGN MUSEUM (ed.). **Grow your own house – Simón Vélez and bamboo architecture.** Alemanha, 2000.

REFERÊNCIAS NA INTERNET

<último acesso em janeiro/2015>

www.24h-architecture.com

www.akdn.org

www.amima-arquitetura.com.br

www.apuama.org

www.archea.it

www.archidomus.com.br

www.azlarchitects.com

www.bamboodna.com

www.bambooroo.net

www.bambooliving.com

www.bambubrasileiro.com.br

www.bambucarbonozero.com.br

www.bambus-conbam.de

www.bebamboo.eu

www.blaanc.com

www.buildllc.com

www.clab.fi

www.cmarconstrucoesalternativas.com

www.conbam.de

www.cru-architecten.be
www.ebiobambu.com.br
http://espelhodagualagos.blogspot.com.br
www.davidgarciastudio.com
www.deleon-primmer.com
www.esanrahmani.net
www.feb.unesp.br/pereira/
www.f-o-a.net
www.geotectura.com
www.gmp-architekten.de
www.grayorganschi.com
www.guaduabamboo.com
www.iastate.edu
www.inbar.int
www.karawitz.com
www.kkaa.co.jp
www.lamela.com
www.mariablaissie.com
www.mudi.com
www.narchitects.com
www.ojtat.org
www.richardrogers.co.uk

www.rocco.hk
www.roewu.com
www.sorenkorsgaard.com
www.spgarchitects.com
www.studiocardenas.it
www.tekuto.com
www.treehousecompany.com
www.tyintegnestue.no
www.votrongnghia.com
www.zuarq.co
www.zrs-berlin.de