

107 - A VIABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES EM BAMBU: ANÁLISE DE OBRAS REFERENCIAIS

MARQUEZ, Fábio Lanfer (1); MEIRELLES, Célia Regina Moretti (2)

1 – Aluno: PIBIC-MACKENZIE; 2- Professora Doutora

Universidade Presbiteriana Mackenzie. Rua: Itambé, 45, SP – Brasil – e-mail: cerelles@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir para a consolidação da utilização do bambu como material de construção na arquitetura brasileira. Os estudos realizados foram divididos de forma a demonstrar a abrangência deste tema, dando um panorama técnico e referencial para a construção com este material. Foram estudadas na pesquisa as principais técnicas construtivas e os processos necessários para demonstrar sua viabilidade técnica. Algumas das principais tecnologias de construção com bambu, com o foco na sua adaptabilidade a realidade brasileira, foram explicitadas através de estudos de caso. Foram realizadas visitas a obras referenciais, como as projetadas por Simóm Vélez para o Hotel do Frade em Angra dos Reis, o pavilhão da Ong Ibiosfera projetado pelos arquitetos Edoardo Aranha e Francisco Lima em Pedro de Toledo e restaurante do Parque Temático Agropecuário em San Mateo, Costa Rica projetado pela arquiteta colombiana Maria Mercedes. A pesquisa demonstrou que bambu apresenta um grande potencial devido: ser um material renovável e de rápido crescimento; grande flexibilidade e sua adaptação as diversas formas; alta resistência e leveza.

Palavras Chaves: 1. Bambu; 2. Viabilidade das construções em Bambu.

1 INTRODUÇÃO

A busca por processos construtivos com menor impacto ambiental é um dos principais focos de convenções internacionais como o protocolo de Kyoto e a agenda 21. Diante deste contexto, a vinculação do projeto arquitetônico sustentável à utilização de materiais renováveis tem se mostrado o caminho mais direto para a manutenção do ecossistema, preocupação que envolve o foco de atuação não apenas dos arquitetos, mas também dos demais profissionais ligados à construção. A compreensão dos processos sustentáveis como base para concepção projetual é fundamental para o desenvolvimento do estudante e do arquiteto. As principais referências sobre arquitetura no Brasil descartam o uso do bambu como elemento estrutural e arquitetônico. Sendo assim, o material disponível sobre o assunto é escasso e tem obtido pouca repercussão dentro dos cursos de arquitetura.

Outra tendência existente na prática arquitetônica se caracteriza pela crescente busca de sistemas construtivos industrializados e pré-fabricados, que se adaptam melhor ao ritmo acelerado do mercado imobiliário nas cidades. Este processo tem contribuído para a marginalização dos métodos construtivos vernaculares, mais artesanais e, portanto desconhecidos na indústria da construção.

O desenvolvimento deste trabalho traz como principal questão a pouca expressividade da utilização da técnica do bambu dentro do panorama da arquitetura brasileira, confrontada com as condições favoráveis do solo e clima brasileiros para o desenvolvimento de sua cultura. As características do bambu como resistência, leveza, fácil manuseio, grande proliferação em plantações e seu caráter de material renovável nos levam à questão do por quê não utilizar com maior frequência o bambu como matéria prima na construção civil.

Através do estudo de algumas das obras mais expressivas deste método construtivo, investigaram-se aplicações estruturais do bambu estrutural na construção civil. As técnicas utilizadas com bambu existentes em outras regiões do mundo, principalmente na Ásia, são milenares e a bibliografia sobre o assunto é extensa, porém dificilmente encontra-se material a respeito no Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde a pré-história o bambu é muito utilizado na construção civil, principalmente na China e no sul Asiático, na construção de habitações e pontes. Estas pontes, construídas há cinco mil anos, utilizavam cabos feitos de fibras de bambu e tinham uma incrível capacidade de vencer grandes vãos. A aplicação do bambu no continente asiático é diversificada na construção de casas, na confecção de utensílios domésticos, implementos agrícolas, na alimentação humana, medicamento, etc.... (RECHT; WETTERWALD, 1994) Um exemplo milenar referencial na arquitetura em bambu é o Taj Mahal, que recentemente foi reformado e sua estrutura milenar de bambu foi substituída por aço.

As pesquisas e aplicações do bambu na construção civil é bastante difundido em vários países da América Latina, como: Peru, Equador, Costa Rica e Colômbia, onde vários exemplos de edificações confirmam sua potencialidade como material de construção civil. Atualmente existe uma busca em tornar o bambu uma opção de material construtivo, trazendo-o para além das técnicas vernaculares e artesanais. Um projeto contemporâneo, e de grande repercussão, foi o pavilhão construído para a Expo-Hannover 2000, pelo arquiteto colombiano Simóm Vélez na Alemanha. Esta construção utilizou o bambu Guadua, e apresenta balanços de até 7 metros, com grandes avanços nas técnicas de união entre as peças de bambu.

No ano de 1992, foi criado o programa "Joint Research Programam on Natural Structures" por um grupo formado pelo escritório do arquiteto Renzo Piano de Gênova, a Unesco de Paris, e o escritório de engenharia Ove Arup & Partners de Londres. Eles realizavam experimentos e pesquisas no Laboratório Unesco/Building Workshop em Vesima na Itália. Consideravam a natureza como referencia nos processos de design e construção, estudando fibras naturais de

espécies vegetais, seus usos e combinações com outros materiais. Buscaram desenvolver sistemas construtivos novos, leves resistentes e de baixo custo. Não havia a preocupação de expor resultados conclusivos, mas nesta primeira fase, levantaram questões técnicas sobre a utilização do bambu. A principal fonte utilizada por eles foi o extenso documento “Bambus-Bamboo”, baseado nos estudos de K.Dunkelberg e publicado pelo “Institute for lightweight Structures” da Universidade de Stuttgart, dirigido pelo arquiteto alemão Frei Otto. (DUNKELBERG, 1985) Algumas características estudadas pelo instituto, colocadas na citação a seguir, reforçam a concepção do bambu como um material viável e economicamente desenvolvidor. “Disponível em quase todo o mundo, adequado a construções de baixo custo, o popular bambu pode ser integrado à produção moderna de edificações e estruturas. Vigas, arcos, cúpulas, pórticos, telhados; tendas, casas, templos, vilas inteiras são produzidos há centenas de anos por uma arquitetura tradicional. Um olhar atento a essa produção pode revelar soluções novas, que incorporem tecnologia, como as juntas estruturais desenvolvidas no Joint Research Program on Natural Structures” (MORADO, 1994).

O bambu é classificado no campo da botânica como *bambuseae*, que consiste um conjunto pertencente à extensa família das gramíneas, uma planta lenhosa, e também classificada como angiosperma e monocotiledônea. (VIDAL, 2003)

A resistência apresentada pelo bambu à tração é maior do que a da madeira e do concreto, sendo superada apenas pelo aço. Ao analisarmos as relações entre peso específico e resistência à tração do bambu, podemos chegar a conclusão de que este possui uma alta eficiência estrutural, melhor até do que os materiais estruturais mais usuais. Portanto, um material de grande leveza e alta resistência mecânica, “..ficando atrás apenas do titânio e do Kevlar.” (GLENN, 1950).

Dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, o bambu se mostra uma ótima alternativa construtiva em substituição à madeira, já que esta cresce muito mais lentamente que a primeira, atingindo seu tamanho ideal para corte numa média de 30 anos ou mais. “O bambu é a planta que cresce mais rápido, podendo crescer até 25 centímetros por dia. Algumas espécies completam seu crescimento em 40 dias, mas apenas depois de 3 anos se inicia o processo de lignificação e silificação”. (MORADO, 1994)

3 ANÁLISE DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE OBRAS REFERENCIAIS

Na pesquisa para que se pudesse ter uma visão real do comporta do bambu e poder realizar uma análise mais do potencial construtivo do Bambu foi realizado uma série de testes de resistência mecânica e secagem do Bambu Bambu mosó (*Phyllostachys Pubescens*). Os testes demonstraram a grande capacidade de resistência do bambu e o seu potencial para construção. A resistência do Bambu mosó (*Phyllostachys Pubescens*) demonstrou ser à tração equivalente à resistência do aço, apresentando uma resistencia média em torno de 249 MPa. Na compressão, a resistência de proporcionalidade média foi de 100 MPa. No cisalhamento o bambu apresenta seu ponto crítico como material pois sua resistência chega a ser de 7 MPa.

Esta resistência demonstra a facilidade de ruptura do bambu ao cisalhamento devido as fibras longas.

As construções analisadas são construções referências no Brasil e na Costa Rica. As obras do hotel do Frade foram indicadas pela pesquisadora Profa Dra Vera Cristina Osse, uma das maiores especialistas no Brasil.

3.1 OBRAS DO HOTEL DO FRADE & GOLF RESORT

As obras do Hotel do Frade em Angra dos Reis, construídas com bambu, surgiram à partir de uma integração entre a equipe do arquiteto colombiano Simóm Vélez e a empresa Bambu-Jungle, conveniada ao hotel. Ela consiste de uma fazenda especializada em culturas e comercialização de palmito, grama e bambu, servindo ao hotel e também a projetos externos. Na execução destas construções, a equipe do arquiteto colombiano precisou formar a mão de obra que seria utilizada, ensinando assim os empregados a utilizarem as técnicas para o trabalho com o novo material. Esta mão de obra seria utilizada posteriormente pela Bambu-Jungle. A visita, guiada pelo engenheiro agrônomo Carlos V. Rodrigues, foi realizada primeiramente nas duas principais construções em bambu do hotel, que são o restaurante e a recepção, e posteriormente uma casa projetada por Vélez localizada no Condomínio do frade, além dos “quiosques” do hotel feitos pela Bambu-Jungle.

3.1.1 Recepção do Hotel do Frade & Golf Resort

O projeto de Vélez para a recepção se constitui de um polígono de oito lados, com uma estrutura dividida em duas linhas circulares e concêntricas contendo os pilares que apóiam a cobertura. Esta cobertura é uma estrutura espacial, que também poderia ser chamada de cúpula de linhas retas. As peças estruturais são dispostas de forma circular e radial, sendo que no encontro delas há o anel de rigidez como travamento. A concepção arquitetônica da cobertura é uma das características da arquitetura de Simóm Vélez. Entre a sobreposição dos telhados existe um espaçamento vertical que constitui o sistema de ventilação natural do edifício. O bambu utilizado para a construção foi o *Dendrocalamus giganteus*, ou bambu gigante, fornecido pela fazenda do hotel e tratado quimicamente em autoclave



Figura 1: Recepção do Hotel do frade. Fonte: Marquez, 2007

Os pilares externos são inclinados de forma que suportam um grande beiral. Assim, tanto o pavilhão aberto quanto à estrutura ficam protegidos da chuva. Já os pilares internos possuem uma inclinação seguindo a direção das cargas atuantes advindas da cobertura.



Figuras 2: Recepção do Hotel do frade. Fonte: Marquez, 2007.

Os elementos que suportam a parte inferior do telhado são dispostos como ramos, levando de toda a área da cobertura as cargas para a disposição dos pilares. No anel central da estrutura o arquiteto utiliza as vigas como feixes estruturais, os quais são compostos por vários colmos que são travados por parafusos. Os colmos parafusados são preenchidos com concreto nos entrenós das ligações, solução já reconhecida na literatura, como ligações “Tipo Vélez”. Nesta construção também são utilizadas barras de aço internamente nos colmos de bambu, fazendo a ligação de peças, e principalmente a ligação dos pilares à fundação. Esta tecnologia que foi proposta por Vélez, até então inovadora, o colocou na vanguarda da produção da arquitetura em bambu ao permitir a realização de construções impressionantes, com grandes vãos, grandes balanços, e maiores cargas na estrutura, na execução de construções com dois ou mais pavimentos.

3.1.2 Restaurante do Hotel do Frade & Golf Resort

O sistema que compõe toda esta construção projetada por Vélez é semelhante ao sistema utilizado na recepção do hotel, porém com diferenças no aspecto geral e no desenho dos feixes de peças estruturais. O restaurante se constitui de um pavilhão retangular, com uma estrutura dividida também, assim como a recepção, em duas linhas principais de apoio contendo os pilares que suportam a cobertura. Os pilares periféricos são constituídos de dois colmos de bambu cada, separados por um outro segmento de colmo entre eles. Os pilares internos são compostos de quatro varas, sendo que uma delas se destina ao apoio da parte inferior da cobertura (junto com os pilares periféricos), e as outras três formam um desenho triangulado que apoia a parte superior da cobertura, um telhado mais elevado e que possui um grande beiral em balanço.



Figuras 3: Restaurante do Hotel do frade. Fonte: Marquez, 2007

3.1.3 Casa no condomínio do Frade

Esta casa no condomínio do Frade foi o primeiro dos projetos de Vélez em Angra dos Reis. A estrutura da casa é organizada basicamente em três pórticos grandes, que vencem o vão das salas, três pórticos menores, que contém a cozinha e área de serviço, e dois anexos laterais, um deles maior contendo quartos. O bambu utilizado é o *Dendrocalamus giganteus*, e as ligações utilizam concreto injetado. (Ligação Vélez). Embora não tenha sido possível aprofundar o estudo de construção, por não se encontrarem os proprietários da casa na data da visita, trata-se de uma residência com um aspecto singular, elevando o atual padrão de construções com bambu.



Figuras4: Casa no condomínio do frade. Fonte: Marquez, 2007

3.2 PAVILHÃO SEDE DA ONG SÓCIO-AMBIENTAL IBIOSFERA

A construção do pavilhão da IBIOSFERA foi (e tem sido) parte prática de cursos de “bio-arquitetura” promovidos pela citada ong e ministrados pelos arquitetos Edoardo Aranha e Francisco Lima. Toda a construção segue ao máximo os preceitos de construção ecológica, no uso dos materiais de construção, na implantação do edifício no terreno, e no uso dos recursos, principalmente água e tratamento dos efluentes. O projeto, conforme os arquitetos, foi inspirado nas construções colombianas. O Pavilhão em formato octogonal possui 120 m² de área interna e 130m² de área coberta.



Figuras 5: Sede da Ong IBIOSFERA. Fonte: Marquez, 2007

A estrutura é feita com bambu *Phyllostachys Pubescens*, ou bambu mosó, adquirido já tratado e com origem no Rio de Janeiro. Possui oito pilares. Cada um dos pilares é composto por quatro colmos de bambu, com travamentos entre eles em três momentos. O espaçamento entre os colmos do pilar traz a ele uma maior inércia e permite que se faça a ligação com os outros elementos estruturais num sistema de sanduíche. Cada pilar possui duas mãos francesas; uma estruturando a viga de cobertura, e outra suportando o beiral. (que nada mais é do que uma continuação desta última) Este desenho, traz equilíbrio à peça e virá a proteger a estrutura da chuva. A fundação é feita em concreto armado e termina elevada do solo entre meio à um metro. Esta medida também protege os bambus da umidade, além de servir de base de apoio para os colmos quando realizada a concretagem soldando os pilares à fundação. Os pilares possuem em seus primeiros noventa centímetros de altura barras de aço internamente, que são preenchidos com concreto flúido através de buracos feitos com serracopo. Ao contrário das construções de Simóm Vélez, apenas a base dos pilares é concretada, de acordo com os arquitetos, pela pequena carga que a estrutura irá suportar. A partir desta decisão torna-se necessário um maior cuidado com as uniões das peças estruturais com parafusos, devido à tendência ao cisalhamento das fibras do bambu. Os parafusos foram utilizados com a preocupação de serem colocados sempre o mais próximo possível de um dos nós do colmo de bambu. Foram utilizados também anéis de borracha para aumentar o ponto de contato entre a arruela e a superfície do bambu, diminuindo as tensões em torno dos parafusos nas uniões estruturais.



Figura 6: a) Encontro dos pilares com a fundação b) Detalhe do pórtico na Sede da IBIOSFERA. Fonte: Marquez, 2007

O pavilhão se comporta como um sistema fechado, onde quatro dos pilares, juntamente com suas vigas de cobertura e suas estruturas para os beirais, formam o desenho de pórticos, sendo que os outros elementos servem de travamento, ou seja, formando o desenho de pórticos interrompidos. Essa diferença entre as quatro vigas de cobertura contínuas e as quatro vigas interrompidas constitui o espaço das aberturas laterais da cobertura, que servem para iluminação e ventilação natural do pavilhão.

3.2 RESTAURANTE DO PARQUE NATURAL AGROPECUÁRIO DA COSTA RICA

A Construção do restaurante do Parque Temático Agropecuário em San Mateo, Costa Rica, foi uma das primeiras obras do empreendimento em fase de implantação. Realizada, a obra chama a atenção de quem passa pela estrada vinda da capital (San José) em direção ao litoral pacífico daquele país. Todo construído com materiais naturais, o restaurante tem um apelo ecológico aliado a um sistema construtivo diferenciado.



Figura7: Aspecto geral e vista interna do restaurante do Parque Natural Agropecuário da Costa Rica. Fonte: Marquez, 2007

O espaço foi projetado por Maria Mercedes, arquiteta do empreendimento, que também como Simóm Vélez, é colombiana. A estrutura do restaurante se constitui de 14 pilares distribuídos na periferia de um espaço retangular, que possui uma modulação de 6 por 3 pilares. A cobertura de fibras naturais é apoiada em elementos estruturais de bambu. Os pilares são mistos: da fundação de concreto até a altura dos beirais são constituídos de troncos de madeira, na altura da estrutura de apoio dos beirais, é feita a transição; surgem quatro colmos de bambu a partir de ranhuras nas toras.



Figura 8: Vista interna da cobertura, detalhes do encontro entre peças estruturais.

Restaurante do Parque Natural Agropecuário da Costa Rica. Fonte: Marquez, 2007

As mãos francesas dos beirais se apóiam em ilhós, e estes são presos aos pilares de troncos por barras de aço. Assim como nas obras visitadas projetadas por Simóm Vélez, nesta todas as varas de bambu da estrutura são concretadas internamente. O bambu utilizado tem as mesmas dimensões e coloração do mossô (*Phyllostachys pubescens*), porém um dos construtores presentes, que explicou sobre o empreendimento, não soube confirmar a espécie utilizada. A estrutura da cobertura aqui tem uma diferença das obras visitadas de Simóm Vélez por utilizar feixes de colmos de bambu dispostos como vigas, as quais contém três varas sobrepostas cada uma. Estas vigas inclinadas possuem triangulações como reforço. Não chegam a ter o desenho de uma treliça, mas vencem o vão do restaurante com um aspecto bem interessante.

4 CONCLUSÃO

O bambu é um material que apresenta uma elevada resistência mecânica e um peso específico muito baixo, portanto é um material com alto potencial construtivo para locais onde o solo é muito frágil como encostas, ou locais submetidos a terremotos. No Brasil é preciso investir em pesquisas, treinamento de mão de obra qualificada e principalmente na valorização das técnicas sustentáveis nos cursos de arquitetura.

As obras demonstram a viabilidade das construções em Bambu devido a fatores como: flexibilidade e sua adaptação as diversas formas; alta resistência e leveza. Nos projetos em geral os arquitetos optaram por trabalhar com as barras em feixes, fato este que diminui o número de execução de nós e encaixes, conseqüentemente diminui a possibilidade de ruptura por cisalhamento. A solução encontrada por Simóm Vélez para evitar o cisalhamento foi injetar concreto no nó, entretanto solução considerada por muitos arquitetos como anti-ecológica, preferindo buscar soluções alternativas como, por exemplo, a encontrada pelos arquitetos Edoardo Aranha e Francisco Lima, que possuem a preocupação de utilizar parafuso sempre o mais próximo possível de um nó do bambu. Mesmo assim ainda utilizam também anéis de borracha para aumentar o ponto de contato entre a arruela e a superfície do bambu, o que diminui as tensões em torno dos parafusos nas uniões estruturais. As obras analisadas, foram concebidas por arquitetos preocupados com as questões de sustentabilidade e que acreditam que o conceito de um projeto sustentável deve estar vinculado a materiais renováveis. As obras possuem uma arquitetura de grande impacto e beleza.

5 REFERÊNCIAS

CARDOSO, Júnior. Rubens. **Arquitetura com bambu**. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Convênio UNIDERP (Universidade para o desenvolvimento do estado e da região do Pantanal) – UFGRS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 2000.

CRUZ, Martha Lissette Sánchez. **Caracterização física e mecânica de colmos inteiros do bambu da espécie Phyllostachys aurea: Comportamento à flambagem**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

DUNKELBERG, Klaus. **Bamboo as a building material**, in: IL31 Bambus, Karl Krämer Verlag Stuttgart, 1992.

GLENN, H. E. **Bamboo reinforcement of portland cement concrete structures**. Clemson College Engineering Experiment Station. Bul. 4. Clemson, S.C, 1950

LOPEZ, Oscar Hidalgo. **Manual de Construcción com Bambu**. Cali, Colômbia: Estudios Tecnicos Colombianos, 1981. Universidad Nacional de Colombia y Centro de Investigación de Bambu y Madera CIBAM.

MORADO, Denise. **Material de Fibra** Revista técnica, São Paulo, n.9, p.32-36, mar/abr. 1994.

NUNES, Antônio Ricardo sampaio. **Construindo com a natureza. Bambu:uma alternativa de ecodesenvolvimento**. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.

OLIVEIRA, Edith Gonçalves de. **Bambu, Investigação de novos usos na construção Civil**. 1980. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

PINZÓN, T.M. **Ensayo preliminar de contenido de azúcar en la guadua**. Pereira, Colômbia: FMA, 2002. 12p.

RECHT, C. WETTERWALD, M. F. **Bamboos**. London: B.T. Batsford Ltd, 1994.

VIDAL, Diogo Forghieri. **Bambu: Alternativa Construtiva para o Projeto Ecológico**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2003.