



CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DAS FIBRAS DE BAMBU

Kerlles Rafael Pereira Sousa¹, Ligia Cristina Ferreira Costa¹, Karla Louhanny Dutra Santos², Valério Breno Santos Nunes de Oliveira², Tony Dyone Rios Viegas²

¹ Professor Msc em Engenharia Mecânica. e-mail: kerlles.rafael@ifma.edu.br, Professora Msc de Física. email: ligia@ifma.edu.br

² Aluna do curso técnico de Eletrotécnica - IFMA. e-mail: Karlalouhanny@gmail.com, ² Aluno do curso técnico de Eletrônica- IFMA. e-mail: breno255@hotmail.com. ² Aluno do curso técnico de Eletrônica, e-mail: tonydyone@hotmail.com.

Resumo: O presente trabalho tem o objetivo de contribuir para a consolidação da utilização do bambu como material estrutural 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 a utilização do bambu com a finalidade estrutural. Foi avaliada, através de ensaios em laboratório, a resistência do bambu de espécie *Guadua angustifolia*, sendo testadas amostras à compressão, tração e cisalhamento, demonstrando as principais características do material. Os ensaios foram realizados com base nos trabalhos desenvolvidos por Khosrow Ghavami, nome que é hoje tido como autoridade no assunto. Algumas das principais tecnologias de construção com bambu, com o foco na sua adaptabilidade a realidade brasileira, foram explicitadas através de estudos de caso. As etapas do trabalho visam demonstrar a viabilidade técnica da utilização do material, e chamar a atenção para suas características e sua linguagem, para que possam ser utilizados como referências projetuais.

Palavras-chave: Arquitetura, Bambu, Construção

1. INTRODUÇÃO

A ideia de utilizar elementos de reforço em materiais frágeis, tornando-os mais resistentes, parece bastante evidente e tem sido posta em prática pelo homem desde tempos remotos. Há muitos séculos se tem conhecimento do uso de fibras naturais, tais como palha e crina de cavalo, como reforço de matrizes, como argila e gesso, na composição de elementos para a construção. Fibras de asbestos já eram usadas como reforço de argila há 4500 anos. Nas últimas décadas, tem havido grande estímulo para o desenvolvimento de materiais compósitos reforçados com fibras, como resultado do aumento do conhecimento e da maior quantidade e qualidade dos dados obtidos em pesquisas sobre esses materiais. Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas, especificamente, sobre compósitos de matriz cimentícia. Resultados promissores têm sido alcançados, mostrando melhoria da resistência e ductilidade, através da inserção de fibras, como as de aço ou de vidro.

No Brasil, ainda é prática disseminada a aplicação do fibrocimento com reforço de fibras de asbestos em construções, apesar dos difundidos malefícios que essas fibras acarretam à saúde humana. Trata-se de fibra mineral reconhecida por seu poder deletério sobre a saúde humana. Nas pessoas expostas à aspiração de suas microfibras duras, há risco de contrair enfermidades como câncer de pulmão e asbestose. Vêm sendo propostas alternativas para a substituição desse tipo de fibras, que em muitos países já tem seu uso proibido. A opção pela aplicação de fibras vegetais nessa substituição mostra-se benéfica, sob vários aspectos, incluindo o da preservação ambiental. Pode-se enumerar, entre as vantagens, a disponibilidade em países de clima tropical, baixo custo e pequena demanda por energia para obtenção.

O ensino e a prática arquitetônica têm demonstrado uma tendência cada vez mais evidente na busca pela diminuição do impacto ambiental causado pela construção civil. Dentro deste processo, 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.

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 deste método construtivo, investigaram-se as possibilidades de aplicação do bambu estrutural na construção civil, e foram identificadas algumas das técnicas construtivas existentes mais adaptadas à realidade brasileira. As técnicas utilizadas com bambu existentes em outras regiões do mundo, principalmente na Ásia, são milenares e a bibliografia sobre o assunto é ampla, porém dificilmente encontra-se material sobre a técnica no Brasil. As recentes pesquisas revelam o grande potencial do Brasil neste campo de conhecimento e produção arquitetônica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia do trabalho consistiu na realização de um levantamento da área de abrangência do vegetal bambu no município e Estado, das potencialidades de possíveis plantios da gramínea e por fim a obtenção através de ensaios e nomenclaturas das propriedades químicas e físicas desse elemento.

O trabalho desenvolvido no Departamento de Mecânica e Materiais do IFMA refere-se ao estudo das propriedades físicas e químicas do colmo do bambu da espécie *Guadua angustifolia*, proveniente de São Luís, MA.

O interesse pelo bambu torna-se ainda maior quando se observa que essas gramíneas podem ser excelentes substitutas de madeiras nativas. Tendo em vista que as tecnologias do bambu exigem pouco investimento de capital, são intensivas em mão-de-obra e de fácil aprendizagem, a difusão dessas tecnologias pode, pois, ser um instrumento importante em projetos de inclusão social. No Brasil existe um número muito reduzido de cientistas, empresas e ONGs desenvolvendo pesquisas e trabalhos sobre esse tema.

Do ponto de vista agrônomo, o interesse pelo bambu está intimamente relacionado com a perenidade das touceiras ou tufos e seu rápido desenvolvimento vegetativo que viabiliza colheitas com ciclos curtos, de dois a quatro anos e elevados níveis de produção. Por ser uma espécie perene, o cultivo do bambu é perfeitamente viável em terrenos marginais com elevada declividade, possibilitando, além do aproveitamento econômico dessas áreas, uma perfeita proteção das mesmas contra a erosão. A reconhecida capacidade de proteção dos solos que o cultivo do bambu oferece contra a erosão, decorre de seu sistema radicular, que é do tipo fasciculado, superficial, rizomatoso e bastante volumoso (BERALDO e AZZINI, 2004).

O bambu, como material orgânico, é produzido por processos fotossintéticos localizado nas folhas. O bambu é um composto polimérico, anisotrópico, com diferentes propriedades mecânicas em diferentes direções e não homogêneo, não tendo a mesma composição, estrutura ou características em todo seu volume. A principal fonte de propriedades mecânicas do bambu é a celulose.

Os colmos são constituídos por nós e internós (Figura 1). Devido a essa composição estrutural, os colmos de bambu possuem elevada resistência mecânica, leveza e flexibilidade.

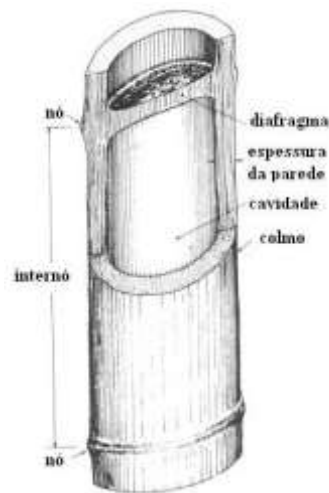


Figura 1- Colmo do bambu

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho foi contemplado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, bolsa IFMA, e como primeira etapa de sua execução, uma ampla busca por bibliografia relacionada ao tema foi realizada e apoiada com encontros semanais de estudo e discussão durante os meses de março a agosto do corrente ano.

Foi feito um levantamento de informações a cerca de projetos realizados anteriormente na cidade de São Luís- MA, a fim de buscarmos dentro da própria cidade experiências de coleta seletiva para agregarmos em nosso trabalho. Assim sendo com base na Arquiteta Caroline Duarte Costa da Universidade CEUMA, verificamos que a referida cidade já havia sido objeto de estudo para o desenvolvimento de um trabalho, já que o Maranhão é rico quando se trata da planta, para o referente estudo a Arquiteta Caroline fez visita a plantação de bambu na Itapagé, em Coelho Neto, no qual o plantio abrange 20.000 ha, o grupo trabalha com papel e celulose. Entretanto o trabalho de pesquisa foi finalizado.

A Lei nº 12.484/2011 instituiu a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentável e ao Cultivo do Bambu – PNMCB. O bambu já é produto utilizado há milênios em países como o Japão e a China e é bastante utilizado hoje em dia em países da América Central como Costa Rica. O que se espera é que a Lei nº 12.484/2011, instituidora da Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentável e ao Cultivo do Bambu – PNMCB possa de alguma maneira, contribuir para o incremento do uso do bambu, dentro de bases sustentáveis, especialmente, porque o Brasil detém áreas nativas da gramínea tubular em tela, onde a não tradição da utilização na construção civil, faz com que fechemos nossos olhos para meios sustentáveis de inovação.

Para buscarmos mais informações sobre o uso do bambu no Brasil a fim de viabilizar a logística da construção civil sustentável a ser desenvolvida fez-se pesquisa de artigos na internet e outros meios para que assim pudéssemos iniciar com as fases laboratoriais aonde iniciariamos os testes físicos e mecânicos do bambu de espécie *Guadua angustifolia*, proveniente de São Luís, MA.

3.1 O MATERIAL BAMBU E OS PROCESSOS SIGNIFICATIVOS

Atualmente acredita-se que no mundo existam aproximadamente entre 1250 e 1300 espécies de bambu, sendo que delas, 400 são encontradas no Brasil. Os bambus são classificados em três grupos segundo as características de seus rizomas. Estes são os caules subterrâneos que crescem e se reproduzem fazendo a colonização do território. O grupo paquimorfo ou simpodial, é caracterizado por rizomas curtos, grossos, maciços, e que apresentam as raízes secundárias na parte inferior. Estes rizomas curtos originam brotos próximos ao caule original, formando touceiras, portanto também chamados de entouceirante. O grupo leptomorfo ou monopodial é caracterizado por rizomas de forma cilíndrica ou quase cilíndrica, geralmente com diâmetro menor do que os caules que geram. Os



entrenós são compridos e raramente maciços. Os rizomas se ramificam em longas distâncias, constituindo este grupo também classificado como alastrante. O grupo Anfipodial possui rizomas com ramificação dos dois tipos dependendo das condições de desenvolvimento.

Um dos mais utilizados e também dos mais resistentes é o *Guadua angustifolia* (aqui no Brasil conhecido como taquaruçu), espécie com a qual trabalhou-se, que é leptomorfo ou alastrante.

A qualidade dos colmos de bambu para sua utilização em estruturas é de grande importância e depende de muitos fatores. “Apesar de o bambu possuir altos valores de resistência mecânica, principalmente à tração e compressão, há muitos aspectos que na prática são dificilmente resolvidos, devendo ser estudados, e normatizados, para possibilitar sua aplicação.” (CARDOSO, 2000).

A idade em que é o bambu colhido influencia relevantemente, pois a resistência do bambu só é atingida após o período de maturidade (ou sazonalidade), atingindo sua resistência máxima entre três e seis anos de idade. O teor de umidade no colmo a ser colhido também está diretamente relacionado com as propriedades físicas e mecânicas após a secagem. Com um teor de umidade alto, é maior a possibilidade de o bambu apresentar fissuras ou rachaduras quando seco. Relacionado também ao teor de umidade está a presença de amido e açúcares no colmo. Portanto os colmos devem ser colhidos na época de menor pluviosidade, quando os solos estão secos e a atividade de líquidos dentro do colmo é menor.

Desta forma diminui-se a susceptibilidade à ataques de insetos que se alimentam de amido, principalmente o *Dinoderus minutus*, conhecido como broca ou caruncho do bambu. Muitas das culturas que utilizam o bambu preservam a tradição de colher o bambu principalmente na lua minguante, garantindo colmos menos vulneráveis. Este fato foi comprovado cientificamente por Pinzon (2002), que relacionou a presença de carboidratos em amostras de *Guadua Angustifolia*, com as fases da lua.

Os tratamentos físicos ou químicos são também fundamentais e procuram proteger os bambus através de três princípios: retirar, bloquear, ou transformar o amido dos colmos. As possibilidades de tratamento diferenciam-se basicamente pelos fatores de custo, sustentabilidade e eficiência. São alguns exemplos de tratamento: cura na mata, cura pela água, secagem ao fogo, secagem ao ar, secagem em estufa, tratamento por substituição da seiva/transpiração, tratamento sob pressão, tratamento por imersão, tratamento por banho quente, tratamento em autoclave. Segundo a bibliografia, o bambu pode ter uma vida útil de até quatro anos quando não tratados e de 20 a 50 anos quando submetidos a tratamentos adequados e utilizados corretamente. (NUNES,2005)

O presente trabalho também estudou algumas das técnicas mais utilizadas para as uniões estruturais de peças de bambu, este é também um dos assuntos mais relevantes na utilização do material.

“O bambu não resiste às pregações, devido sua constituição ser basicamente composta por fibras paralelas muito longas, com densidade específica muito alta, principalmente nas paredes externas, com grande tendência ao fendilhamento. As ligações mais indicadas, por proporcionar maior estabilidade, são as parafusadas, pois há um corte das fibras, sem o afastamento entre elas, evitando assim as fissuras” (CARDOSO, 2000).

As ligações parafusadas possuem a vantagem de permitir ajustes de acordo com a trabalhabilidade do material, já que o bambu apresenta muita variação dimensional em função da umidade relativa do ar, ou ainda, do término do 10º processo de secagem de peças utilizadas. Uma das técnicas utilizadas para evitar o cisalhamento são as ligações com a colocação de peças cilíndricas de madeira no interior dos colmos (figura 2), tendo como fator negativo a dificuldade de produção da peça em larga escala pela variação do diâmetro interno dos bambus.

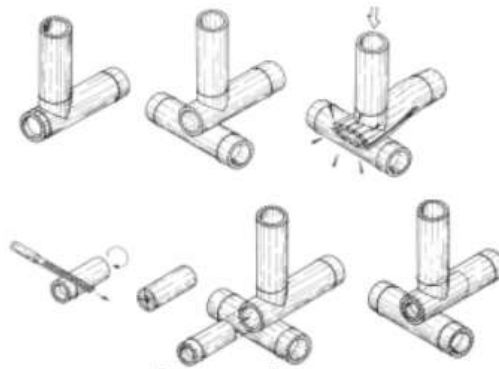


Figura 2: Sequência de esmagamento e sequência de enrijecimento das ligações Fonte: HIDALGO (1981)

Uma solução já consagrada foi criada por Simón Vélez, o qual tem trabalhado com bambu por um longo período, desenvolvendo uma nova tecnologia para conectar os colmos de bambu em suas estruturas. A solução encontrada, conhecida como “Ligação Vélez” consiste na abertura de um orifício na parte superior do colmo de bambu parafusado onde, após o travamento da estrutura, ocorre a injeção de concreto. Esta solução visa evitar o cisalhamento, patologia que pode ser causada na utilização dos parafusos para união e fixação das peças estruturais. Com o simples aumento da superfície de contato do parafuso e da parede de bambu, evitam-se as fissuras e o esmagamento, talvez as características mais desfavoráveis na utilização do bambu na estrutura.

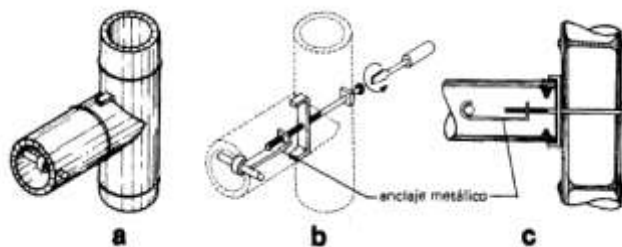


Figura 3: Esquema da ligação com parafusos. Fonte: HIDALGO (1981)

3.2. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA

Para que pudéssemos obter resultados que demonstrassem as principais características mecânicas do material, foram feitos ensaios de resistência à tração, à compressão e ao cisalhamento, realizados nos laboratórios de Mecânica e Materiais no IFMA. Estes realizados com base nos trabalhos realizados pelo professor Khosrow Ghavami na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

O objetivo destes testes estruturais consiste em fazer um levantamento das características mecânicas do material (como vem sendo feito pioneiramente por estudiosos no assunto, levantados na bibliografia deste trabalho) e atentar para os resultados obtidos como comprovadores das possibilidades estruturais de um material que não é tradicionalmente utilizado em nosso país.

3.2.1. CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS CORPOS DE PROVA E PROCESSOS UTILIZADOS

Os corpos de prova submetidos aos ensaios foram retirados de bambus da espécie *Guadua Angustifolia*.

Para que os ensaios realizados assemelhassem ao máximo as condições em que os bambus são utilizados nas construções, foram divididos conforme os tipos de esforços solicitantes sobre o material, e conforme o processo de secagem do mesmo, que comprovadamente alteram os resultados em sua resistência. Não foram feitos ensaios comparando-se os tipos de tratamento levantados contra insetos



xilófagos, pois como consultado na bibliografia específica, estes não influenciam relevantemente nos resultados obtidos.

6. CONCLUSÕES

Uma das principais vantagens do uso do bambu é a economia. Pelos cálculos do professor Ghavami (professor do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio), a utilização pode reduzir em mais de 30% o custo final da construção. Outra vantagem é o reduzido tempo entre plantio e colheita, o que reduz de maneira drástica a exploração de madeira. Enfim, o bambu, é um material renovável e ao mesmo tempo ecológico, não apresentando implicações poluentes em sua produção. A ampliação do uso de recursos renováveis e o uso de tecnologias não poluentes amenizam os impactos dos processos industriais que agredem o ecossistema: “Voltar os olhos para o bambu, a fim de ampliar sua faixa de utilização, tornando-o um elemento manipulável pela engenharia, inserisse neste quadro de desenvolvimento de tecnologias não poluentes, facilmente acessíveis e de baixo impacto ambiental”.

A pesquisa demonstra a grande capacidade de resistência do bambu e o seu potencial para construção. A resistência do bambu *Guadua Angustifolia* demonstrou ser à tração equivalente à resistência do aço.

Os ensaios apresentados demonstram a influência do teor de umidade na resistência do bambu. Entretanto, podemos afirmar que parte dos bambus ensaiados estavam praticamente secos ao ar, pelo fato de terem sido testados após um longo período depois de adquiridos. Também podemos apontar para a necessidade de se determinar a posição do corpo de prova em relação ao colmo de onde foi retirado, além da certificação da origem e procedência do bambu utilizado.

A partir destas conclusões preliminares entende-se a relevância das pesquisas com bambu continuarem a ser desenvolvidas dentro do instituto, com a correção dos eventuais defeitos nos testes, além da inclusão de novas espécies e aprofundamento das questões do bambu e da arquitetura. Como constatação final, apesar da recusa por parte dos colaboradores externos, o bambu como alternativa a substituição da madeira se mostrou viável e de rápida implantação caso seja adotado como alternativa ao uso da madeira.

AGRADECIMENTOS

FAPEMA - Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão.

CNPQ- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

IFMA- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

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.

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 eco desenvolvimento**. 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.

RODRIGUES, R. C. S. **Efeito da adição de cinza de casca de arroz no comportamento de compósitos cimentícios reforçados por polpa de bambu**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004

SAULE Jr., N., RODRIGUEZ, M. E. Direito à moradia. In: Lima Júnior, J. B., Zetterström, L. **Extrema pobreza no Brasil – a situação do direito à alimentação e moradia adequada**. pp. 71-160, , 2002, www.gajop.org.br, acesso em 25 de novembro de 2004.

SAVASTANO Jr., H., AGOPYAN, Vahan. Fibras naturais para produção de componentes construtivos. **Curso Internacional Materiales Compuestos Fibrorreforzados**, Universidad Del Valle/Cyted Proyecto, Cali, Colombia, 1998.

TOLÊDO FILHO, R. D. **Materiais compósitos reforçados com fibras naturais: caracterização experimental**. Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1997.

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.