

PRÉ FABRICAÇÃO DE TRELIÇAS DE BAMBU PARA COBERTURAS

ROSALINO, Frederico

Universidade Católica de Brasília - UCB, frederico.rosalino@gmail.com

RESUMO

Resumo: O presente trabalho apresenta um estudo para avaliar a possibilidade de um sistema de cobertura para pequenos e médios vãos utilizando como estrutura, treliças pré fabricadas com o bambu como elemento principal. A utilização do bambu no meio rural no Brasil é uma realidade, no entanto, limita-se a confecção de cercas, galinheiros entre outros elementos, que, estão muito aquém do potencial que o material pode alcançar. Algumas espécie de bambu já são utilizadas em construções por todo o Brasil, principalmente os da espécie *dendrocalamus asper* e os bambus do gênero *phyllostachys*, contudo, existe uma espécie exótica introduzida no Brasil a mais de 200 anos, com ocorrência em diversas regiões do país, principalmente no estado de Minas Gerais, chamado de *bambusa tuldoídes*, o qual, embora muito abundante, não é utilizado na confecção de estruturas. Esta espécie tem como característica principal médios diâmetros, na ordem entre 4 cm e 6 cm, e altura útil média entre 3 a 4 metros. Deste modo, este trabalho propõe a sua utilização na pré fabricação de treliças de cobertura para pequenos vãos, para uso em galões, residências entre outros usos, o que pode garantir também que seja utilizada tanto em construções de baixíssimo custo quanto em projetos de alto padrão.

Palavras-chave: Bambu, treliças, coberturas de pequenos vãos

Área do Conhecimento: Tecnologia de processos e sistemas construtivos- Processo de Produção

1 INTRODUÇÃO

A utilização de materiais de construção cujos processos fabris geram pouco ou nenhum resíduo tem sido estudado com maior frequência nas universidades pelo mundo. Materiais que em seu processo de fabricação utilizam prioritariamente matérias primas renováveis são cada vez mais utilizados em construções, e nesta linha, o bambu é um material que atende com excelência esta necessidade.

O bambu é uma gramínea pertencente à divisão Angiospermae, classe das Monocotyledoneae e família Poaceae. São aproximadamente 75 gêneros com mais de 1200 espécies (Liese, 1998). Dentre as espécies disponíveis para a construção no Brasil podemos citar o *Dendrocalamus Asper*, conhecido como bambu gigante, o *Phyllostachys pubecens*, o mosô e o *Guadua Angustifolia*.

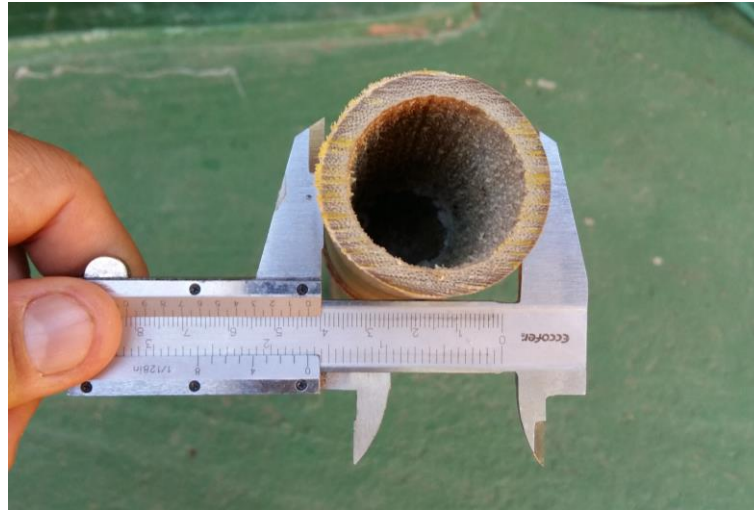
Construções com bambu utilizando espécies de bambus gigantes com diâmetros acima de 10 cm, como o *Dendrocalamus Asper*, o *Phyllostachys pubecens*, e o *Guadua Angustifolia* já são comuns no Brasil, pois, se assemelham às madeiras roliças comerciais disponíveis para construção, como o eucalipto, além disso, a maioria dos construtores de bambu no Brasil utilizam a técnica colombiana, na qual o *Guadua angustifolia*, uma espécie com diâmetros médios de 12 cm, é a mais utilizada nas construções. Por outro lado, as espécies de bambus de médios diâmetros como o *bambusa tuldoídes*, são utilizados geralmente apenas para a confecção de móveis, cercas, entre outros usos não estruturais.

De origem chinesa, o *bambusa tuldoídes* é uma espécie entouceirante, ou seja, quando plantado permanece em moitas, portanto, não se alastra. Possui colmos de até 12 metros de altura, diâmetros entre 3 e 6 cm e entrenós de até 40 cm (figura 1).

Figura 1 – Touceira do *bambusa tuldoídes*



Fonte: do autor

Figura 2 – Bambusa tuldóides em detalhe

Fonte: do autor





Utilizar bambus de médios diâmetros é uma realidade em países asiáticos, principalmente na Tailândia e Vietnã, na construção de resorts, casas entre outras edificações. O uso deste tipo de material nestes países se dá a partir da formação de feixes formando seções retangulares ou circulares simulando uma peça composta.

Uthaiattrakoon, Thana (2015) realiza uma revisão de diversos projetos de estruturas com bambu construídos na Tailândia, onde destaca um projeto em específico que utiliza feixes de bambus de diâmetros médios de 6 cm. Neste sistema estrutural, as ligações entre os bambus que formam os feixes devem ser o mais consolidadas possível a fim de garantir que o feixe funcione como uma única peça (figura 03). No quadro 01 é possível observar diferentes configurações de composições de feixes utilizando a espécie *Dendrocalamus strictus*.

Figura 3 – Detalhe do feixe com bambu da espécie *Dendrocalamus strictus*

Fonte: Bamboo Design and Construction in Thailand : Bamboo Art Gallery at Arsomsilp Institute of the Arts, Uthaiattrakoon, Thana

Quadro 01 – Detalhe das configurações de feixes proposta pelo engenheiro estrutural.

No.	Member	Bamboo Species	Section
		Diameter (inch)	
1.	Ridgepole	<i>Dendrocalamus strictus</i>	
		3	
2.	Column	<i>Dendrocalamus asper</i>	
		5	
3.	Rafter support	<i>Dendrocalamus strictus</i>	
		3	
4.	Rare rafter support	<i>Dendrocalamus strictus</i>	
		3	

Fonte: Bamboo Design and Construction in Thailand : Bamboo Art Gallery at Arsomsilp Institute of the Arts, Uthaipattrakoon, Thana

Visto que no Brasil o uso do *bambusa tuldoídes* em estrutura é restrito a opção por trabalhar com este bambu se apoia na disponibilidade deste material em diversas regiões do Brasil, e na possibilidade de seu uso na construção de escolas, galpões rurais, entre outras edificações com pouca disponibilidade de recursos para sua construção. Portanto, realizar ensaios para determinação das propriedades físico mecânicas a fim de possibilitar seu uso na confecção de elementos estruturais pode ser uma nova opção de material de construção com caráter sustentável e de baixo custo.

Deste modo, identificar os atores principais e suas obras, os quais estudam e utilizam bambus de médios porte em estruturas é o primeiro passo para o uso do material que temos disponível no Brasil, no caso o *bambusa tuldoídes*.

A pré fabricação de sistemas de cobertura, tesouras, vigas compostas com o uso do *bambusa tuldoídes* pode também possibilitar a minimização de desperdício de materiais, reduzir o tempo de construção, padronizar o processo de fabricação e reduzir os riscos de acidentes por trabalho em alturas, e ainda, as falhas de execução.

Identificar um uso mais nobre para um material sub utilizado, possibilitando seu acesso em todos os níveis de construção, desde pequenos galpões até residências de alto padrão, justifica o estudo mais aprofundado do *bambusa tuldoídes* a fim subsidiar o desenvolvimento de seu uso em estruturas temporárias e permanentes.

2 MÉTODOS

Será realizado uma pesquisa bibliográfica a fim de identificar os processos que envolvem a utilização do *bambusa tuldoídes* na pré fabricação de sistemas estruturais composto por feixes. As características físico mecânicas do material, tensão de flexão, módulo de elasticidade a flexão, tensão de cisalhamento paralelo e perpendicular às fibras, tensão e módulo de elasticidade à compressão são alguns dos parâmetros necessários para a realização de dimensionamentos segundo normas específicas e o atendimento a NBR 7190. Para tanto, identificar as normas técnicas para ensaios de resistência de bambus e para o dimensionamento das estruturas é importante para o avanço da pesquisa.

O tratamento do bambu é um dos processos mais importantes para garantir segurança e durabilidade às estruturas construídas com este material, visto que, diversos organismos como os fungos, bactérias e insetos xilófagos agem de forma acelerada na degradação do bambu após sua colheita. Portanto, identificar formas de tratamento, que aliem eficácia, segurança ao usuário e permanência é uma etapa a ser vencida neste processo.

Identificar profissionais e suas construções que utilizam estruturas com feixes de bambus de médio diâmetro com sucesso, a fim de compreender o sistema construtivo, as ligações e demais detalhes, traz uma base experimental ao processo, possibilitando a aplicação das técnicas já utilizadas nos países asiáticos, principalmente Vietnã e Tailândia, adaptando este conhecimento à realidade brasileira e ao *bambusa tuldoídes*.

3 RESULTADOS

3.1 Estado da arte do uso do *bambusa tuldoídes* em estruturas no Brasil

Alguns poucos estudos são encontrados no Brasil relacionados ao uso do *bambusa tuldoídes* em estruturas, dentre eles um material publicado pela SEMA - FETAEP - SENAR em 2009 cujo conteúdo é um manual para a construção de uma estufa para uso agrícola onde é utilizado esta espécie para a formação da cobertura em arco (figura 4). Neste manual não é apresentado ensaios de resistência físico mecânica, nem tão pouco, a análise estrutural do sistema.

Figura 4 – Estufa Ecológica modelo SENAR -Paraná



Fonte Estufa Ecológica, SEMA-FETAEP-SENAR, Paraná 2009

3.2 Resistência físico mecânica do *Bambusa tuldoídes*

A disponibilidade do *bambusa tuldoídes* no Brasil e sua característica físico mecânica possibilitam que o material seja utilizado na construção de estruturas. Colli **et al** analisou algumas das propriedades físico mecânicas do *bambusa tuldoídes*, massa específica básica - M_{eb} , massa específica a 12% de umidade - $M_{e12\%}$, contração volumétrica - CVP e contração volumétrica total - CVT, obtendo resultados significativos de massa específica a 12% de umidade que colocam esta espécie na condição de densidade similar as madeiras de alta densidade.

Os resultados apresentam uma maior densidade na região apical e sem o nó, ou seja, valores crescentes em direção ao ápice, o que indica a maior quantidade de fibras por área de seção na parte apical. Colli at all analisou também esta característica na região com nó e sem o nó, observando uma maior densidade na região do internó, pelo fato da melhor orientação axial das fibras nesta região, e na região dos nós a presença de maior quantidade de células parenquimatosas, células não estruturais, conferem a esta região menor resistência mecânica.

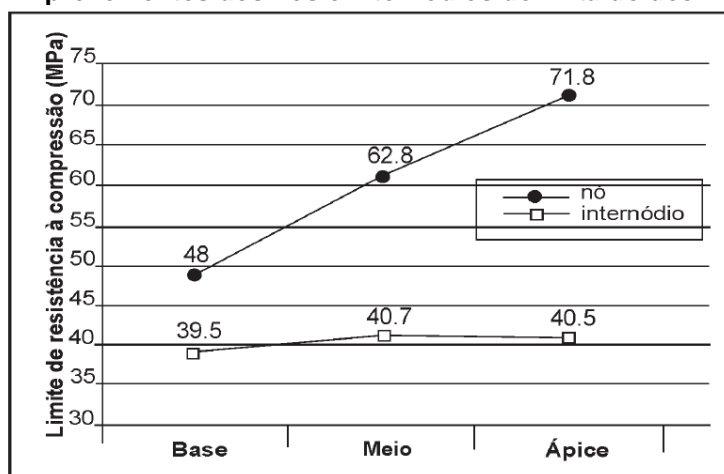
Quadro 2: Valores médios das propriedades físicas de Bambusa tuldoides, em função da posição e local de retirada das amostras.

Posição	Região	Meb kg/m ³	Me12% kg/m ³	CVP %	CVT %
Base	nó	532	763	19,9	28,6
meio	nó	506	715	18,9	26,5
ápice	nó	473	713	23,7	28,7
Média		504	730	20,8	27,9
Base	internó	458	617	16,1	21,1
meio	internó	537	730	16,9	22,5
ápice	internó	608	733	19,1	23,6
Média		534	693	17,4	22,4

Fonte: Colli at all (2006)

Colli at all investigaram também os limites de resistência à compressão nas três partes principais do colmo, base, meio e ápice, ou seja, cada segmento representa 1/3 da altura total do colmo. Os resultados demonstram uma alta resistência a compressão do material, chegando próximo a 72 MPa na região apical sem o nó, valores próximos de muitas das espécies folhosas tropicais utilizadas na construção de estruturas.

Gráfico 01: Valores médios do limite de resistência à compressão de base, meio e ápice dos colmos, provenientes dos nós e internódios do *B. tuldoides*.



Fonte: Colli at all (2006)

A tabela abaixo apresenta a análise do Módulo de Elasticidade a Compressão - MOE do *bambusa tuldoídes* com valores médio na ordem 23.887 Mpa, valor bem superior aos encontrados para madeiras de folhosas e coníferas utilizadas na construção (Colli at all). Segundo MOLITERNO, A relação entre os MOE e MOE12% para as madeiras comerciais no Brasil varia entre 14 e 18 MPa.

Quadro 03. Valores médios de módulo de elasticidade na compressão (MOE) e da relação MOE/Me12% do B. tuldoídes

Colmo	MOE (MPa)	MOE/Me12%
1	26.047	33,63
2	23.807	30,14
3	25.499	30,00
4	26.359	35,15
5	21.778	32,50
6	19.832	27,54
Média	23.887	31,49

Fonte: Colli at all (2006)

Estes estudos comprovam a elevada resistência do material proposto, no entanto, ensaios complementares de, para a obtenção de valores de tensão de flexão, Módulo de elasticidade a flexão, tensão de cisalhamento paralelo e perpendicular às fibras e compressão perpendicular às fibras devem ser realizados para se obter parâmetros para o dimensionamento segundo normas específicas.

Os ensaios para determinação dos parâmetros de cálculo devem ser realizadas segundo as normas técnicas ISO 22157-1:2005 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties.

O dimensionamento das estruturas devem ser realizados segundo as normas NBR 7190 Projeto de Estruturas de Madeira, ISO 22156:2004 Bamboo – Structural design, NSR-10: Colombian code for seismically resistant construction. G12: Structures of timber and *Guadua angustifolia* Kunth bamboo, BS 5268-2:1996 Structural use of timber e a norma BS EN 1995-1-1:2004 Eurocode 5: Design of timber structures.

3.3 O tratamento do bambusa tuldoídes

Os bambus em geral são plantas que naturalmente após serem colhidas iniciam processos de degradação por ação de fungos, insetos e bactérias, para tanto, é necessário realizar um tratamento preservativo para evitar essa degradação, favorecendo assim, o prolongamento da vida útil da construção. existem diversas formas de realizar a preservação dos colmos, sendo a mais utilizada mundialmente a técnica de imersão em solução de 6% de octaborate dissódio tetra hidratado ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Kaminski, Sebastian (2016) indica que com tratamento adequado o bambu pode ter um vida útil superior a 30 anos, Kaminski ressalta ainda, que são necessários medidas de projeto para a longevidade do material, proteção física de chuva dirigida e raios UV, ou seja, boas coberturas e proteção de umidade por capilaridade, no caso, eliminar o contato dos apoios com o solo.

Colli at all, avaliaram alguns produtos para o tratamento do *bambusa tuldoídes* munro para a imunização contra a ação de fungos e insetos xilófagos. Foi utilizado para ensaios laboratoriais uma composição de ácido bórico a 5% e tanino a 1,2%, alcançando resultados satisfatórios, para ensaios de campo uma composição de borato de cobre cromatado obteve melhor desempenho.

3.4 Estado da arte de sistema estrutural com feixe de bambus de médio diâmetro

Os diversos sistemas estruturais com feixes de bambus de médios diâmetros utilizados em países asiáticos, tais como; Vietnã, Tailândia e Indonésia demonstram a possibilidade de usos de bambus de médios diâmetros na construção de estruturas e nos motivam a pensar em soluções estruturais para o uso do *bambusa tuldoídes* na produção de treliças para coberturas.

Para tanto, realizou-se uma pesquisa de sistemas estruturais com feixes de bambu de médios diâmetros já desenvolvidos a fim de compreender o processo construtivo e as metodologias de dimensionamento. Um dos pioneiros neste tipo de sistema é o arquiteto Vo Trong Nghia. Radicado no Vietnã, Nghia desenvolve coberturas com grandes vãos utilizando feixes de bambus de diâmetros médio de 6 cm, explorando curvas e formas diversas que trazem plasticidade e requinte ao material (Figura 05).

Figura 5 – Sistema estrutural com tesouras em feixes de bambus de médios diâmetros



Fonte: <http://votrongnghia.com/projects/naman-beach-bar/>

É possível observar na figura 6, o sistema estrutural de feixes formando uma seção retangular, simulando assim uma peça próxima ao comportamento de um peça em madeira laminada colada - MLC

Figura 6 – Detalhe do sistema estrutural com tesouras em feixes de bambus de médios diâmetros



Fonte: <http://votrongnhia.com/projects/naman-beach-bar/>

Outra empresa radicada no Vietnã, a Bambubuild, desenvolve uma série de treliças para coberturas utilizando bambus de médios diâmetros em forma de feixes formando uma seção retangular. As treliças são pré fabricadas em solo e posteriormente posicionadas com o auxílio de equipamentos de movimentação (figura 7)

Figura 7 – Detalhe da tesoura sendo posicionada



Fonte: <http://www.bambubuild.com/en/>.

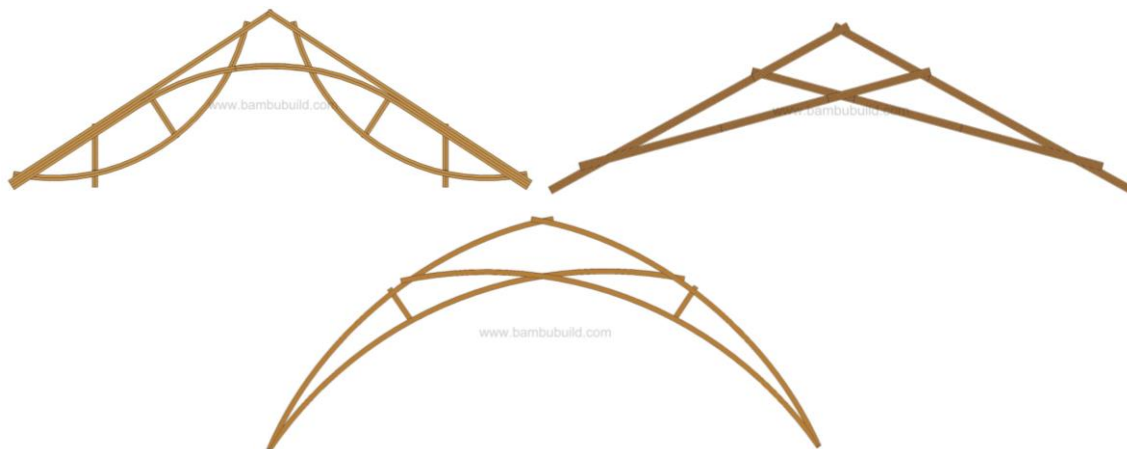
Na figura 6 é possível observar os feixes de bambus com diâmetros médio de 6 cm formando seções retangulares possibilitando curvaturas e sistemas de tesouras não convencionais (figura 8) que vencem vãos de até 14 metros segundo informações coletadas no website da Empresa.

Figura 8 – Detalhe da tesoura sendo posicionada



Fonte: <http://www.bambubuild.com/en/>.

Figura 9 – Tipos de tesouras oferecidas pelo fabricante



Fonte: <http://www.bambubuild.com/en/>.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir das pesquisas dos sistemas estruturais com feixes de bambus de médios diâmetros, observando as possibilidades de usos em coberturas, aliando resistência, beleza e versatilidade, percebe-se a possibilidade de desenvolver um sistema que utilize uma espécie existente no Brasil, o *bambusa tuldoídes*, que, embora exótica, foi trazido para o país a mais de 200 anos, sendo possível encontrar em grande quantidade em diversas regiões do Brasil principalmente no estado de Minas Gerai, Rio de Janeiro e São Paulo.

Com as informações coletadas neste trabalho a proposta é partir para o desenvolvimento de uma solução de treliça pré fabricada com feixes de *bambusa tuldoídes*, que atenda aos requisitos principais de baixo custo e facilidade de execução. Para tanto, é necessário a realização de ensaios a fim de definir as tensões necessárias para o dimensionamento de sistemas estruturais utilizando o *bambusa tuldoídes* como principal elemento.

O projeto deve apresentar o detalhamento de todos os elementos, seção dos feixes, ligação entre feixes para a consolidação da seção, ligações dos nós, forma de apoio, dimensões das peças, romaneio completo e quantitativo de materiais. É importante elaborar o projeto para diferentes vãos, recomenda-se vão de 6, 7 e 8 metros, dimensões estas muito comuns em salas de aula e postos de saúde de pequenos municípios.

Um sistema de treliças pré fabricadas compostas de feixes de bambus de médio diâmetros dever atender a premissas essenciais para que a tecnologia seja adotada, baixo custo de fabricação, facilidade de pré fabricação e montagem, podemos citar como as principais.

Deve ser indicado formas de tratamento alternativos que possam ser facilmente utilizados em pequenos municípios e comunidades rurais, onde a aquisição de produtos químicos é limitada.

A fim de facilitar o acesso ao material para uso em construções é importante realizar um levantamento dos locais de ocorrência do *bambusa tuldoídes* no Brasil.

O estudo mais aprofundado do bambu *bambusa tuldoídes* para uso em estruturas significa um avanço para o material, principalmente pela sua disponibilidade e baixo custo, o que viabiliza o uso de forma mais sistêmica de um material subutilizado considerando seu uso em construções.

5 REFERÊNCIAS

Thepa, Sirichai. Structural Analysis of Bamboo Trusses Structure in Greenhouse, School of Energy Environment and Materials King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand (2011)

Hogan, Lucas. Development of Long Span Bamboo Trusses, Architectural Engineering, California Polytechnic San Luis Obispo, USA

Colli, Andréia. Propriedades físico-mecânicas e preservação, com boro e tanino, do *Bambusa tuldoídes* (Munro), Curso de Engenharia Florestal, UFRRJ - 2006

Sassu, Mauro. Bamboo Trusses with Low Cost and High Ductility Joints, Department of Energy, Systems, Territory and Constructions Engineering, University of Pisa, Pisa, Italy 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-6023: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

Bamboo Design and Construction in Thailand : Bamboo Art Gallery at Arsomsilp Institute of the Arts Thana Uthaiattrakoon (thana.uthai@gmail.com, www.facebook.com/bamboogallery).



1º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

TECSIC – 2017

03 e 04 de agosto de 2017

Degree of Architecture Program in Community and Environmental Architecture, Arsomsilp Institute of the Arts, 399 Soi Anamaingamjaroen 25, Bangkhuntien, Bangkok 10150 THAILAND

Structural use of bamboo: Part 4: Element design equations (PDF Download Available). Available from: https://www.researchgate.net/publication/314151504_Structural_use_of_bamboo_Part_4_Element_design_equations [accessed May 23, 2017].