

CONSTRUIR COOPERANDO COM O MEIO AMBIENTE: BAMBU EM PROL DA ENGENHARIA SUSTENTÁVEL

Greice Hellen de Novaes Barbalho – greiceengenharia@gmail.com
Universidade Santa Cecília - UNISANTA
R. João Maria Júnior, 581
11431-180 – Guarujá – São Paulo

Juarez Ramos da Silva – juarez.silva@unisantos.br
Universidade Católica de Santos - UNISANTOS
R. da Constituição, 604
11320-201 – São Vicente – São Paulo

Resumo: O planeta Terra sofre com as atitudes e agressões do Homem, que ocasionaram ao longo dos últimos séculos feridas no Meio Ambiente, através da exploração de recursos naturais, desmatamentos, poluição, contaminação do solo, ar e das águas, gerando condições climáticas adversas, aumento do aquecimento global e tantas outras mazelas. Toda ação tem uma consequência, como as sequelas deixadas pelas intervenções citadas. Nesse sentido há um movimento crescente da sociedade civil organizada, em prol da preservação do meio ambiente, buscando por alternativas e novas técnicas que não apenas minimizem os impactos ambientais, mas também atenuem a exploração exacerbada de insumos, cooperando para um desenvolvimento socioeconômico justo e equilibrado. O emprego do Bambu nos diversos campos da Arquitetura e Engenharia é uma alternativa para o trajeto deste desenvolvimento, pois esta planta é um excelente sequestrador de carbono, é um material resistente, leve, versátil e com extraordinárias características mecânicas, físicas e químicas, que lhe permitem várias formas de aplicações ao natural ou processadas, com reprodução rápida em condições de baixos requisitos. A aplicação do Bambu na construção civil, não carece de mão de obra técnica especializada, onde, esse fato pode ampliar a empregabilidade de enormes contingentes de pessoas, gerando emprego e renda, nessa crise econômica que afeta o Brasil. O Bambu é flexível, apresenta longa durabilidade e uma ótima resistência aos principais esforços e solicitações das edificações, bem como coopera com a Arquitetura e Engenharia sustentável. Ainda existe preconceito e pouca informação quanto ao uso do material no segmento da construção civil, entretanto o maior problema é a falta de parâmetros de cálculo para que essas obras possam ser regulamentadas e, deste modo, serem melhor projetadas, desenvolvidas e difundidas pelos profissionais responsáveis.

Palavras chaves: Bambu 1. Construção civil 2. Sustentável 3.

1 INTRODUÇÃO

O dióxido de carbono (CO₂) é um dos gases que mais originam impactos no meio ambiente, pois a emissão desenfreada desse e outros Gases do Efeito Estufa (GEEs) estão vinculados ao crescente aumento do aquecimento global, que podem ter efeitos catastróficos para o planeta Terra e conseqüentemente para a humanidade, com isso iniciou-se a busca por materiais que possam reduzir os impactos ambientais, mas que continuem com eficiência física e mecânica.

De acordo com as (NAÇÕES UNIDAS, 2008), “a construção civil consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras”. Nesse quesito se faz necessário o uso e aplicação de materiais renováveis como o Bambu, podendo ser aplicado no lugar do aço, concreto e madeira, pois possui excelentes características mecânicas na tração, flexão e compressão.

O Bambu é um recurso renovável, pois seu crescimento é rápido e sua produção é anual. É um material antigo empregados nas habitações desde a colonização do Brasil, porém como material construtivo na engenharia civil e arquitetura, seu início foi a partir de 1987, mas ainda enfrenta algumas barreiras como a falta de normas. Na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) o Bambu ainda não possui uma NBR (Norma Brasileira), é necessário um regulamento para consignar suas amplas características mecânicas e físicas em campo laboratorial, bem como suas inúmeras aplicações desde recuperação de áreas degradadas, geração de biomassa, matéria-prima para construção civil, indústria têxtil e entre outras.

Analisando o Bambu como material construtivo são necessárias mais pesquisas sistemáticas, então o presente estudo configurou-se por meio de uma pesquisa de natureza qualitativa e quantitativa, sendo concretizada a coleta dos dados por meio de análises, ensaios e revisões bibliográficas, no intuito de examinar a característica desse material construtivo, apresentando as vantagens e desvantagens de seu emprego e suas principais áreas de aplicação.

2 HISTÓRICO DO BAMBU

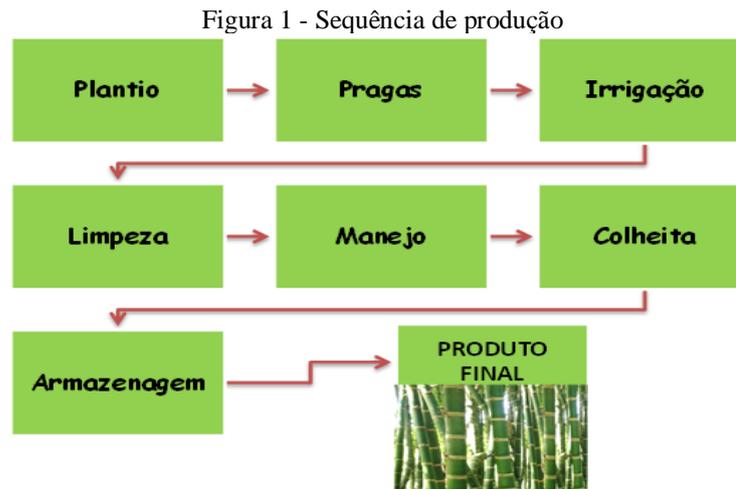
As plantas são desmembradas conforme a classificação botânica, ou seja, em família, subfamília e outras categorias até se aproximar da espécie e do gênero. Bambu é o nome popular dado a todas as plantas da subfamília *Bambusoideae*, essa subfamília pertence à família das gramíneas. Existem aproximadamente 1.250 espécies e 50 gêneros diferentes de Bambu, que geralmente são encontrados com mais facilidades em regiões quentes e com fartas chuvas, ou seja, é comumente localizado em países tropicais e/ou subtropicais.

Materiais naturais como o Bambu não são poluentes, pois não necessitam de consumo de energia e oxigênio em seu beneficiamento, sendo uma fonte renovável e de baixo custo. No Brasil as predominâncias climáticas são tropicais e subtropicais, nessas condições o Bambu consegue se desenvolver até mais rápido do que o eucalipto e o pinheiro. Atualmente o mesmo é uma tradição nas culturas asiáticas do Japão, China e Indonésia, bem como nas Américas, principalmente em países como Equador e Colômbia. No Brasil é um material sem muito valor econômico, cultural e social, no geral visto como matéria-prima pouco nobre e inferior.

2.1 Técnicas para Cultivo do Bambu

O Bambu adapta-se em qualquer tipo de solo, exceto os solos encharcados, podendo apresentar excelentes resultados em terrenos drenados de encostas e arenosos, porém é necessário realizar coletas de amostras para análise em laboratório habilitado, para que seja

possível fazer adubação ideal. A área necessária para esse plantio deve possuir no mínimo um hectare (10.000 m²), que é satisfatório para obtenção de brotos, mudas e colmos. A técnica mais usual para conseguir as mudas é o método vegetativo, porém alguns especialistas consideram mais eficiente a técnica de propagação in vitro, mas essa técnica ainda é pouco utilizada no Brasil devido a seu alto custo. Para garantir uma vara de qualidade é necessário se atentar ao fluxo da Figura 1.

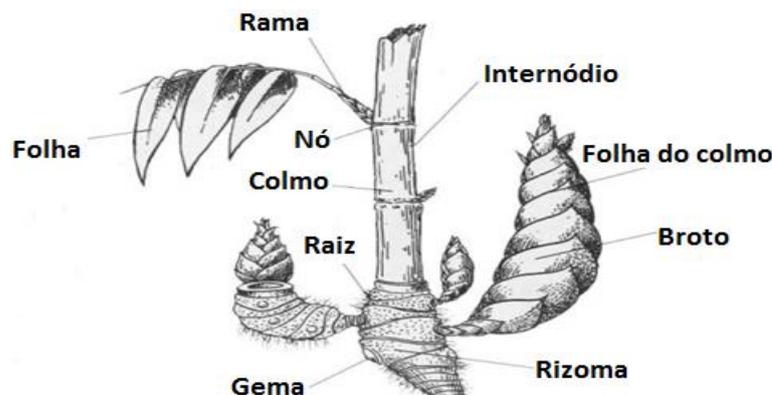


Fonte: DOS AUTORES, 2018.

2.2 Características do Bambu

O Bambu pode ser arbórescente mesmo sendo gramínea, pois algumas espécies possuem características de árvore, como por exemplo, na parte aérea possui: colmos, ramificações e folhas. Na parte subterrânea possui: raiz e rizoma, conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2 - Composição do Bambu



Fonte: MORAIS, 2011.

3 APLICAÇÃO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em alguns países da América Latina como Equador, Costa Rica, Peru e Colômbia, o Bambu é muito aplicado na construção civil, onde encontram-se diversos exemplos de edificações que comprovam sua potencialidade.

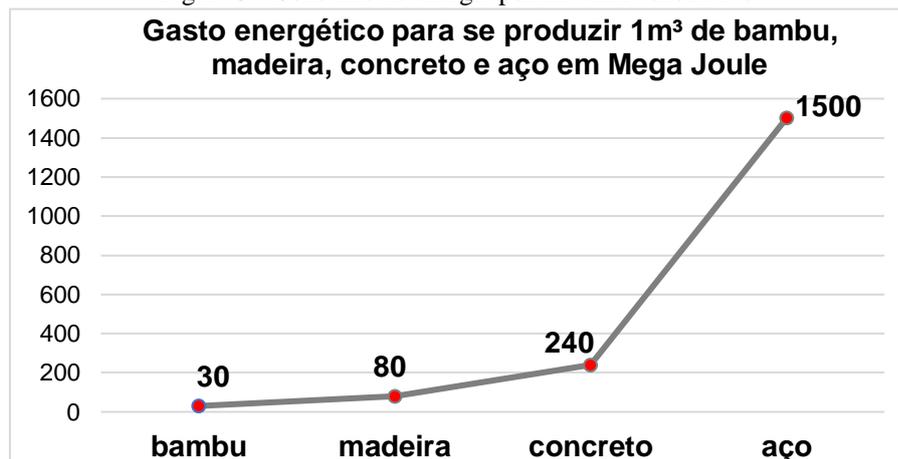
O emprego principal de uma estrutura seja de aço, madeira ou concreto é resistir à esforços de tração, compressão e cisalhamento, ou a ação combinada entre elas. Para que uma estrutura seja considerada eficaz, esta tem que comportar-se de forma estável, onde a transferência de cargas entre seus componentes e elementos devem ser corretamente calculadas, garantindo a integridade e equilíbrio do conjunto.

Segundo (LIMA *et al.* 2005): “O bambu é um material que possui propriedades mecânicas compatíveis às dos materiais utilizados em estruturas de concreto armado”.

Ghavami e Barbosa (2007), acentuam que “as características de resistência mecânica dos bambus que são de maior interesse no campo da engenharia são: resistência à tração, resistência à compressão, e a resistência ao cisalhamento, forças sempre paralelas às fibras”.

Com base na totalidade estrutural e nos aspectos de consumo energético para o plantio, são os fatores principais para inclusão deste material alternativo no meio construtivo. Ainda de acordo Ghavami (1990) “a energia gasta em MJ para produzir 1 m³ de alguns materiais por unidade de tensão são: Bambu 30, Madeira 80, Concreto 240 e Aço 1500”, com embasamento nos valores obtidos ilustrou-se a Figura 3.

Figura 3 - Consumo de energia por material construtivo



Fonte: Modificado de GHAVAMI, 1990.

Além das resistências apontadas, sua flexibilidade é uma das explicações do seu extenso emprego em construções na Ásia oriental, sendo está uma região que é comum a ocorrência de abalos sísmicos e ocorrência de fortes ventos (furacões).

Em grandes construções de países como Equador, Colômbia e China, as espécies de Bambu mais preconizadas para aplicação estrutural são as dos gêneros *Dendrocalamus* batizado de Bambu gigante, *Guadua* popular no Brasil como Taquaruçu e *Phyllostachys pubescens* conhecido como Mosô. São essas espécies que proporcionam melhores características mecânicas e físicas, deste modo se tornam as espécies mais apropriadas para usos estruturais e arquitetônicos.

Nesta pesquisa serão abordados estudos e ensaios na espécie *Phyllostachys pubescens*, conhecido como (Moso, Mosô ou Mosó), esse gênero é nativo da China e chegou ao Brasil durante a colonização portuguesa. Sua escolha deu-se pela facilidade na localização, além do que este gênero se habitua aos mais distintos climas e altitudes do nosso país.

Para melhor cultivo o Mosô necessita de solos férteis e permeáveis, especialmente quando novos, este se desenvolve melhor a sol integral e admite plantio em ambientes internos, desde que iluminados. Necessita de regas semanais, e seu crescimento tem em média altura de 20 m,

senso que seus colmos podem chegar a 15 cm. A reprodução dessa espécie dá-se pela brotação de novos colmos pelo rizoma, o que interliga muitos colmos entre si.

Na empresa Nunes Bambu localizada no estado de São Paulo em Bertioga na Rodovia Rio/Santos km 226, foi possível adquirir 12 varas de Bambu Mosô com 3m de comprimento. Essas varas sofreram tratamento de cura por cocção, técnica que consiste em submeter os colmos recém cortados ao aquecimento em estufa, para degradar quimicamente o amido, esse tratamento é empregado para o gênero *Phyllostachys*, como é o Mosô. Para definir as partes ensaiadas, foi necessário avaliar as varas por inteiro, pois as características da base até o topo são distintas, conforme a Figura 4, na imagem também é possível visualizar as partes das varas ensaiadas, que são topos com e sem nó, bases com e sem nó e o centros com e sem nó.

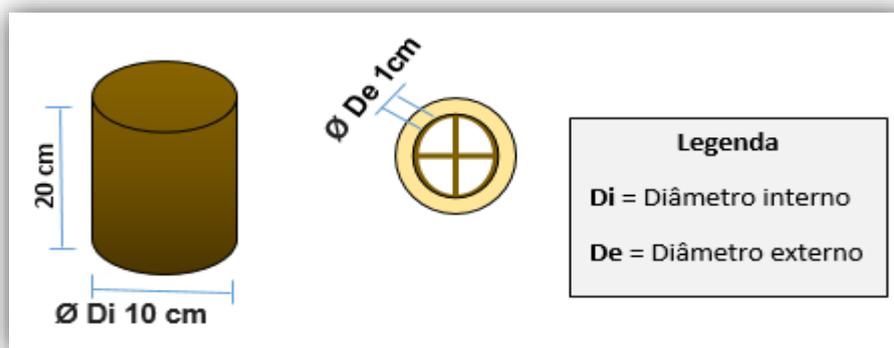
Figura 4 – Formato cônico da vara de Bambu



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Como não existe uma NBR na ABNT para Bambu, foi necessário aproveitar como base a NBR 5738:2015 – Concreto procedimento para moldagem e cura de Corpos de Prova (CP), que propõe as dimensões para CP cilíndrico, onde a altura deve ser o dobro do diâmetro ($H = 2 \varnothing$), a norma indica os valores de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm, assim então ensaiou CPs com 20 cm de comprimento e diâmetro (\varnothing) de 10 cm, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Modelo de corpo de prova com (\varnothing) 10 cm



Fonte: DOS AUTORES, 2017.

4 ENSAIOS DE COMPRESSÃO NO BAMBU MOSÔ

No dia 27 de abril de 2017 às 17h:00m, realizou-se os ensaios de compressão no Centro Universitário Monte Serrat - UNIMONTE, localizado no endereço: Rua Comendador Martins, nº52, Bairro Vila Mathias, no município de Santos, dentro do Laboratório de Engenharia Civil.

Para validação do experimento é necessário cumprir o estabelecido pela ABNT NBR ISO/IEC17025:2005. O equipamento utilizado é da *Solotest*, denominado prensa eletro hidráulica Serial: NO 1303AT 171012, calibrado na data 23/02/2017, pela (RBC) Rede Brasileira de Calibração.

Os ensaios de compressão são empregados quando se almeja avaliar o comportamento, de um material submetido a grandes e permanentes deformações. Basicamente este ensaio consiste na aplicação de uma carga compressiva uniaxial, ou seja, uma força axial para dentro, que é disseminada de maneira uniforme em toda seção transversal (Tensão = Força/Área). Nos ensaios foram obtidos os valores expressos nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 - Primeiro e segundo teste de compressão axial.



Fonte: DOS AUTORES, 2017.

Figura 7 - Terceiro e quarto teste de compressão axial



Fonte: DOS AUTORES, 2017.

Com os valores obtidos nos ensaios de compressão axial, juntamente com as dimensões dos diâmetros das peças de Bambu Mosô, foi possível obter as áreas e assim transformar as unidades de medida em MPa (Mega Pascal), que é a unidade de avaliação padrão em ensaios científicos, conforme expressa os valores na Tabela 1.

Tabela 1 - Transformando tf em MPa no segundo ensaio

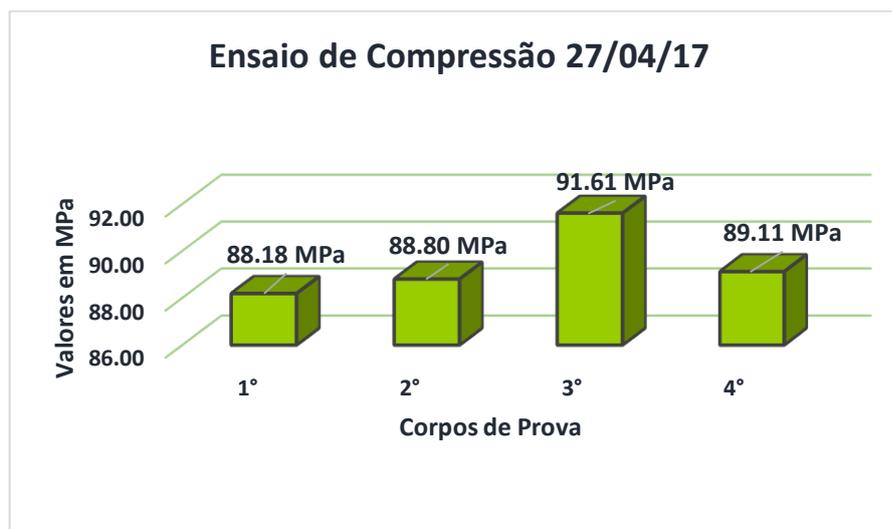
ENSAIO DE COMPRESSÃO REALIZADO DIA 27 DE ABRIL DE 2017							
Dados para transformações: (1 tf = 1000 Kgf) (0,10 Kgf = 1 N) (1 N/m ² = 1 Pa) (10 ⁶ Pa = 1 MPa)							
Nº do corpo de prova	Força tf	Diâmetro	$\pi \cdot d^2 / 4$	Conversões			
		cm	Área cm ²	Pressão tf/cm ²	Pressão em kgf/cm ²	Pressão N/m ²	Pressão em MPa
1º	69,26	10	78,54	0,88	881,85	88184570,87	88,18
2º	69,74	11	95,03	0,73	733,85	73384897,40	73,38
3º	71,95	10	78,54	0,92	916,10	91609585,24	91,61
4º	69,99	11	95,03	0,74	736,48	73647963,42	73,65

Fonte: DOS AUTORES, 2017.

6.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO

Com base nos dados obtidos nos ensaios, foi possível obter os valores de resistência a compressão e com este elaborou-se um gráfico conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9 - Resultado do segundo ensaio



Fonte: DOS AUTORES, 2017.

A curva média de (tensão x deformação) do ensaio, situou-se na faixa de 89,43 MPa. Analisando os dados obtidos nos ensaios, observou-se que a espécie Mosô atingiu a resistência necessária, pois segundo (LOPEZ, 1974) “A resistência à compressão situa-se na faixa de 20 MPa a 120 MPa”.

Após os ensaios de compressão axial, foi possível observar que durante o carregamento axial, o Corpo de Prova não apresentou redução de altura, em contrapartida houve a saturação das peças de Bambu em sua maioria nos colmos e nas paredes externas, as quais são possíveis visualizar os pontos em que os CPs romperam conforme a Figura 8.

Figura 8 - Rompimento do CP de 20cm de comprimento



Fonte: DOS AUTORES, 2017.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa foi possível ter uma real compreensão de como é trabalhar com um material construtivo natural e renovável. A escolha do Bambu não se aplica somente por este ser um material ecológico, mas também devido ao comportamento da planta quando aplicada como material construtivo estrutural e de acabamento.

O estudo das propriedades físicas e mecânicas, devem estar em primeira ordem na elaboração e execução do projeto com Bambu, para que assim obtenha-se os resultados desejados e esperados, gerando ganhos econômicos, sociais e ambientais.

Ainda que os estudos abordados nesta pesquisa não sejam conclusivos, quanto as propriedades mecânicas e físicas do Bambu, os valores iniciais obtidos vão de encontro aos valores expostos em literaturas especializadas da China e Colômbia, corroborando a viabilidade preconizada. Nos últimos anos tem sido evidenciado por muitas instituições e pesquisadores independentes, que o Bambu possui resistência e durabilidade para ser empregado em procedimento tradicional e contemporâneo, podendo ocorrer a substituição total ou parcial dos materiais habituais, notadamente os vergalhões de aço.

O Bambu pode ser aplicado em pisos, colunas, pilares, vigas, lajes, estruturas treliçadas e peças que sejam solicitadas aos esforços de compressão axial, flexão na tração e tração simples. Tendo em vista que os resultados obtidos nos ensaios de compressão axial, se enquadram nas resistências que foram normatizadas para utilização do concreto, com no mínimo 25 MPa.

Essa planta pode ser considerada um material de cunho sustentável, pois apresenta baixo consumo de energia em sua produção e gerando poucos resíduos, bem como é renovável devido seu crescimento ser muito rápido após corte, e possuindo alta produtividade por hectare (10.000 m²), com a vantagem de adaptar-se aos mais variados climas e solos brasileiros.

O Brasil possui cerca de centenas de espécies nativas e não nativas, sendo considerado o país com mais espécies das Américas, porém o conhecimento básico de sua potencialidade e aproveitamento continuam desconhecidos no país, tornando o Bambu pouco difundido. Outro

fator que dificulta a aplicação em construções são as ausências de normas, pois o Brasil ainda não possui uma NBR específica na ABNT para construir com Bambu.

Analisando o desempenho do Bambu no âmbito ecológico, revela-se como um adequado recurso a ser aplicado na Engenharia brasileira, assim sendo, o estudo da planta reunido aos ensaios de compressão axial, demonstraram que é possível e viável a aplicação como um material construtivo estrutural.

O emprego do Bambu em escala mercantil como matéria-prima, é técnica e economicamente viável, mas requer estudos científicos sistemáticos. Em suma pode-se considerar que o Bambu possui resistências para ser empregado em todas as etapas da construção civil, bem como para outras diversas finalidades na decoração, artesanatos e Arquitetura.

8 REFERÊNCIAS

GHAVAMI, K. **Estruturas de concreto armadas com bambu**. In: Colóquio sobre Estruturas de Concreto Armado e protendido, v.1. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1990, 149-175p.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P. **Bambu**. In: **ISAIA, G. C. (Org./Ed.)**. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 1559-1589.

LIMA, H. C. J.; DALCANAL, P. R.; WILLRICH, F. L.; BARBOSA, N. P. **Vigas de concreto reforçadas com bambu Dendrocalamus giganteus. II: modelagem e critérios de dimensionamento**. Cascavel, PR, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662005000400032 Acesso em: 10 abr.2018.

LÓPEZ, O. H. **Bambu su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía**. Colombia: Italgraf, 1974. 35 p

MORAIS, W. W. C. **Propriedades físico-mecânicas de chapas aglomeradas produzidas com bambu, pinus e eucalipto**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

NAÇÕES UNIDAS, 2008. **Search Ecologic footprint construction**. Disponível em: [http://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological Footprint Atlas 2008.pdf](http://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2008.pdf) . Acesso: 24 de mar. 2018.

NMBA. **Bamboo flooring, market assessment**. MA 01. Nova Delhi, 2004. Disponível em: <http://www.bambootech.org/subsubTOP.asp?subsubid=120&subid=45&sname=MARKET> . Acesso em 02 fev. 2017.

____ **NBR 5738:2015** – Concreto procedimento para moldagem e cura de Corpos de Prova.

____ **NBR ISO/IEC17025:2005** - Acreditação de Laboratórios.

TO BUILD COOPERATING WITH THE ENVIRONMENT: BAMBOO ON BEHALF OF SUSTAINABLE ENGINEERING

Abstract: *The planet Earth suffers from the attitudes and aggressions of man, which have caused the last few centuries in the environment, through exploitation of natural resources, deforestation, pollution, soil, air and water contamination, generating adverse climatic conditions, increased global warming and so many other ills. Every action has a consequence, like the sequels left by the interventions mentioned. In this sense, there is a growing movement of organized civil society, in favor of preserving the environment, seeking alternatives and new techniques that not only minimize environmental impacts, but also attenuate the exacerbated exploitation of inputs, cooperating for a fair and balanced socioeconomic development. The use of Bamboo in the various fields of Architecture and Engineering is an alternative to the course of this development, because this plant is an excellent carbon sealer, is a resistant, lightweight, versatile material with extraordinary mechanical, physical and chemical characteristics that allow for various forms of natural or processed applications, with fast reproduction under conditions of low requirements. The application of Bamboo in construction does not lack specialized technical manpower, where this fact can increase the employability of huge contingents of people, generating employment and income, in this economic crisis that affects Brazil. Bamboo is flexible, has long durability and excellent resistance to the main efforts and requests of the buildings, as well as cooperates with Sustainable Architecture and Engineering. There is still prejudice and little information about the use of the material in the construction segment, however the biggest problem is the lack of calculation parameters so that these works can be regulated and, therefore, better designed, developed and disseminated by the professionals responsible.*

Key-words: *Bamboo 1. Civil construction 2. Sustainable 3.*