

A INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DO ENTALHE NO ENSAIO CHARPY DO BAMBU DENTROCALAMUS ASPER (IN NATURA)

THE INFLUENCE OF THE NOTCH POSITION ON THE CHARPY TEST OF BAMBOO DENTROCALAMUS ASPER (IN NATURA)

Marcelo Santos Damião

Professor Especialista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

*Com o esgotamento dos recursos naturais e a degradação dos ecossistemas cresce a procura por materiais ambientalmente corretos, a sustentabilidade está cada vez mais presente interação humana. O bambu é a planta de mais rápido crescimento na Terra pertencente ao grupo dos materiais renováveis e se adequa perfeitamente ao apelo ecológico da sociedade atual. A utilização do bambu já é feita há milênios, é um material leve, versátil e com características físicas e mecânicas respeitáveis. No Brasil, que possui uma grande reserva, ainda é pouco usado industrialmente, embora com crescente interesse entre pesquisadores no seu grande potencial. Neste estudo, foi retirado 1(um) internó do colmo do bambu *Dentrocalamus Asper* para fabricação dos padrões (in natura) e submetido ao ensaio Charpy (ASTM-E23) com o objetivo de encontrar uma posição que apresenta maior resistência ao impacto, contribuindo para uma melhor utilização do bambu.*

Palavras-Chave: *Sustentabilidade. Bambu. Ensaio Charpy.*

*With the depletion of natural resources and the degradation of ecosystems growing demand for environmentally correct materials, the sustainability is increasingly present human interaction. Bamboo is the fastest growing plant on Earth belonging to the group of renewable materials and is perfectly suited to the ecological appeal of today's society. The use of bamboo is already done for millennia, is a slim, versatile material and with respectable physical and mechanical characteristics. In Brazil, which has a large reserve, is still little used industrially, although with growing interest among researchers in their great potential. In this study, was withdrawn 1(one) internode of the bamboo *Dentrocalamus Asper* for manufacturing of the pattern (in natura) and submit to the Charpy test (ASTM-E23) with the aim of finding one position that presents greater resistance to the impact, contributing to a better use of bamboo.*

Keywords: *Sustainability. Bamboo. Charpy Test.*

1 INTRODUÇÃO

O IBAMA (2001) descreve as características de uma sociedade que cresceu além de seus limites, utilizando os recursos naturais mais rápidos do que eles podem ser restaurados e liberando resíduos e poluentes acima da capacidade de absorção da biosfera. A forma de degradação inconsequente do homem é o que mais preocupa governos e as sociedades, pois repercute nos meios físico-biológicos e socioeconômicos, além de afetar os recursos naturais e a saúde humana, podendo causar desequilíbrios ambientais no ar, nas águas, no solo e no meio sociocultural. A sobrevivência humana atual e futura depende essencialmente da sustentabilidade na exploração dos complexos sistemas de recursos naturais, o modelo é de produção e consumo insustentável na maioria dos países (SILVA & HEEMANN, 2007). Nesse sentido, torna-se evidente que os materiais ecológicos satisfazem alguns requerimentos fundamentais, tais como: minimização do consumo de energia, conservação dos recursos naturais, redução da poluição e manutenção de um ambiente saudável (GHAVAMI, 2001). Neste contexto se insere o bambu, que tem a forma circular e altura de vários metros, que de acordo com Azzini et al. (1997), seus colmos são constituídos por nós, entrenós e vazios no interior dos entrenós e diafragma (Figura 1).

Local Figura 1

O bambu é um material vegetal cujas propriedades mecânicas indicam grande potencial a ser explorado pela engenharia e hoje é considerada uma novidade e promessa para o futuro. Apesar das excelentes propriedades físicas e mecânicas, o bambu tem sido pouco utilizado como material na indústria em geral. (...) Destaca-se pelo possível uso como material alternativo para construções diversas, engenharia, condução de água, compósitos vegetais, placas compensadas, sarrafos, reflorestamento, entre outros (...) (PEREIRA, 1997).

O bambu é uma planta herbácea e lenhosa, pertencente à família das Gramineae ou Poaceae, com mais de 1.250 espécies classificadas e distribuídas em cerca de 90 gêneros distintos. Desenvolve-se em regiões com clima tropical e subtropical com temperatura moderada, adaptando-se tanto ao nível do mar quanto em altitudes próximas de quatro mil metros (LÓPEZ, 1974). Conforme Ghavami & Rodrigues (2000), a estrutura do bambu pode ser encarada como sendo um material compósito constituído, a grosso modo, de fibras longas e alinhadas de celulose imersas em uma matriz de lignina, suas paredes apresentam excelente resistência à tração e à compressão, comparáveis às mais nobres madeiras. O bambu é um recurso não durável, seu uso em condições expostas requer tratamento prévio (LIESE & KUMAR, 2003).

Segundo Jahn (2001), o Brasil é hoje o país com maior número de tipos de bambu encontrados e catalogados da América Latina. Porém, apesar desta grande variedade, o potencial desta planta no Brasil ainda é pouco explorado (...). No Brasil a exploração do bambu praticamente se restringe aos usos tradicionais como artesanato, tutores na agricultura e construções provisórias (...). O que diferencia o bambu, de imediato, de outros materiais vegetais estruturais, é a sua alta produtividade, sendo que em 2 anos e meio após ter brotado do solo o bambu possui resistência mecânica estrutural, não havendo, portanto, neste aspecto, nenhum concorrente no reino vegetal (GHAVAMI, 1989). Além do crescimento rápido, o bambu apresenta um rendimento anual em peso por hectare em cerca de 25 vezes maior do que o verificado nas árvores plantadas para produção de madeira (CASAGRANDE et al., 2003). A composição estrutural fornece aos colmos de bambu uma elevada resistência físico-mecânica, leveza e flexibilidade. Segundo Pereira & Beraldo (2016), a densidade é menor no colmo imaturo, aumentando gradualmente de 1 ano até 6 anos de idade, permanecendo quase estável dos 5 aos 8 anos e decrescendo gradualmente após 8 anos, quando a maioria dos colmos entra em declínio. A constituição de fibras nas paredes do bambu permite a construção transversal ou longitudinal de peças em qualquer tamanho, utilizando ferramentas manuais

simples (GHAVAMI, 1998), na Figura 2 pode-se observar em um corte transversal como é a distribuição das fibras no colmo de bambu.

Local Figura 2

Vogtlander et al. (2010) acrescenta características as qualidades do bambu:

As boas propriedades mecânicas; Os custos baixos de produção; A disponibilidade abundante nos países em desenvolvimento; A variedade de uso em diversas outras aplicações na forma de matéria prima e insumos; Uma alta taxa de sequestro de dióxido de carbono na sua fase de crescimento; O controle da erosão devido às características de forma de sua raiz, melhorando a qualidade de solos degradados, bem como auxiliando na preservação de lençóis freáticos. E, sendo por todas estas qualidades, considerado um ótimo recurso de recuperação ambiental.

Alguns pesquisadores vêm estudando e confirmando o grande potencial econômico e social desta matéria-prima no Brasil, entretanto, ainda está atrasado em relação a alguns países, principalmente os orientais, que de acordo com Murakami (2007), só na China cerca de 100 empresas no país produzem mais de 10 milhões de m² de bambu industrializado por ano, com demandas de mercado para o Japão, EUA e Europa. Investigações foram direcionadas ao campo das inovações, resultando em produtos que tivessem como característica o baixo impacto ambiental durante todo o seu ciclo de vida, a capacidade de reciclagem, propriedades biodegradáveis e a obtenção mediante fontes renováveis (VEZZOLI & MANZINI, 2006).

O bambu é utilizado integralmente, sem desperdícios, possuindo uma superfície lisa, limpa e de cor atrativa, não necessitando ser polida, pintada ou lixada. Pode ser usado em combinação com qualquer tipo de material para construção, incluindo concreto, pode ser laminado e colado (BLC), formar placas (OSB, MDF, MDP e WB), carvão, habitações, papel, pisos, tecidos, remédios, uso ornamental, alimento, entre outras aplicações. O bambu pode ser utilizado como uma ferramenta de desenvolvimento social e econômico, ao proporcionar a pequenos produtores rurais a possibilidade de produção e manejo, uma vez que pode ser cultivado em pequenas áreas e ser trabalhado com ferramental simples, proporciona desta forma, a geração de trabalho e renda (BARELLI, 2009).

Para este estudo foi utilizado o *Dentrocalamus Asper* que é originário da Ásia, esta espécie costuma ser chamada de "bambu-balde" pela sua grossura que podem chegar a 25 centímetros de diâmetro e aproximadamente de 25 metros de altura, seu broto é comestível e, quando jovem, apresenta penugem áspera marrom, quase dourada (Figura 3).

Local Figura 3

1.1 ENSAIO CHARPY

O ensaio de impacto Charpy é usado no meio científico e industrial para analisar o comportamento dúctil ou frágil dos materiais, principalmente dos metais, analisa sua tenacidade (capacidade do material absorver energia na região plástica), que de acordo com Moreschi (2005), a resistência ao impacto de um corpo sólido depende diretamente de sua capacidade em absorver energia e dissipá-la por meio de deformações. O corpo de prova é padronizado, contendo um entalhe que produz um estado triaxial de tensões que não se distribui de modo uniforme por todo corpo de prova ensaiado quando submetido a uma flexão por impacto produzida por um martelo pendular. A energia que o corpo de prova absorve é medida pela diferença entre a altura atingida pelo martelo antes e após o impacto lida na própria máquina, através de um ponteiro em uma escala graduada em unidade de energia ou diretamente em um computador associado (no sistema internacional a energia é em Joule), quanto menor a energia absorvida, mais frágil será o material a aquela solicitação mecânica.

O resultado do ensaio é apenas uma medida da energia absorvida e não fornece indicação segura sobre o comportamento do material ao choque em geral, podendo ser usado como controle de qualidade desse material. A principal vantagem do ensaio de impacto é sua simplicidade, pois possui corpos de prova pequenos e de baixo custo de fabricação.

2 OBJETIVO

Determinar uma posição para utilização do colmo do bambu da espécie *Dentrocalamus Asper* onde apresenta maior resistência ao impacto.

3 DESENVOLVIMENTO (MATERIAIS E MÉTODOS)

Foi coletado da fazenda experimental da UNESP-Bauru, onde é realizado o manejo sistemático de diversas espécies de bambu para fins de pesquisas científicas, 1(um) internó cortado a uma altura de 1,5 metros em relação ao solo (Figura 4) de 1(um) colmo da espécie *Dentrocalamus Asper* com 6 (seis) anos de idade para confecção dos corpos de prova. Devido a inexistência de normas para o ensaio de impacto Charpy em bambus conforme Beraldo (1987) e por isso optou-se por utilizar a norma ASTM-E23 que foi escrita para ensaios em metais (Figura 5).

Local Figura 4

A Figura 6 mostra as posições retiradas do internó em relação ao entalhe (A, B, C) sendo 3 (três) amostras por posições. Foram feitos mais 3 (três) corpos de prova (T) para testemunha do estudo com a madeira do gênero *Pinus* retirados de um cabo de enxada comprada no mercado especializado.

Local Figura 6

Para a confecção dos corpos de prova foi utilizada uma fresadora (Figura 7) do laboratório de usinagem no IFSP- Campus Avaré S.P. Os 12 (doze) corpos de prova, depois de usinados, foram chamados: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, T1, T2, T3 (Figura 8) e acondicionados em uma sala climatizada por 24 horas, antes do ensaio de impacto, nas condições de 22°C de temperatura e 50% de umidade relativa do ar para atingirem um equilíbrio uniforme. Para a realização dos testes de resistência ao impacto (flexão dinâmica) foi utilizado um pêndulo Charpy com capacidade de 150 Joules modelo EQIM-300 da EQUILAM (Figura 9) do laboratório de ensaios mecânico no IFSP-Campus Avaré S.P., obtendo-se o trabalho absorvido (W) em Joules, constatado na leitura diretamente no computador.

Local Figura 7

Local Figura 8

Local Figura 9

4 RESULTADOS

Com o término dos ensaios foi gerado no computador os resultados de todos os ensaios (Figura 10) onde a energia anotada para o estudo foi a energia compensada (energia envolvida considerando os atritos do equipamento e a de gravidade). Pode-se observar a tenacidade (T) que foi gerada através da fórmula $T=W/A$. (W =força em Joule e A =área em cm^2).

Local Figura 10

O Gráfico 1 apresenta os resultado da energia absorvida em Joules com os padrões A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, T1, T2, T3, e no Gráfico 2 as médias do resultado para os padrões A, B, C, T.

Local Gráfico 1

Local Gráfico 2

O aspecto dos padrões ensaiados de bambu foram semelhantes assim como foram os de pinus, mas diferentes entre bambu e o Pinus (Figura 11).

Local Figura 11

5 DISCUSSÃO

Observou-se em todos os padrões de bambu ensaiados um aspecto fibroso com certa união entre os lados do entalhe, apresentando melhor comportamento ao impacto o padrão “B”, onde o entalhe estava na parte interna do colmo de bambu, pois houve menos rompimento das fibras que estão concentradas na parte externa (Figura 2), demonstrando que quanto mais concentrada as fibras, isto é; mais próximo da parte externa, maior a resistência ao impacto. No padrão “C”, constatou-se o oposto do “B”, pior comportamento ao impacto devido o entalhe ter rompido toda a extensão das fibras mais concentradas (parte externa do colmo). Já no padrão “A”, observa-se uma energia absorvida entre “B” e “C”, pois o entalhe rompe as fibras transversalmente distribuindo-as na sua extensão. O padrão “T” (Pinus) que foi a testemunha do ensaio, observou-se em todos os padrões ensaiados um aspecto cortante, quase rompido completamente, ele obteve a energia mais baixa dos ensaios mesmo sendo retirado de uma madeira usada como cabo de enxada, cujo fator resistência ao impacto é fundamental.

6 CONCLUSÃO

O bambu possui, no geral, boa resistência ao impacto em estado natural, mas diferente conforme a posição usada em relação ao colmo, ressaltando ser importante esse detalhe construtivo para melhor aproveitamento dessa propriedade. Assim, o bambu pode ser o substituto natural a outros materiais menos sócios sustentáveis para certas aplicações, como por exemplo; cabo para martelo e outras ferramentas e objetos similares cujo impacto é fator relevante, além de sua durabilidade ser melhorada por meio de tratamentos prévios, principalmente, o químico.

AGRADECIMENTO

Ao Professor Dr. Marco Antônio Dos Reis Pereira da UNESP-Bauru por suas aulas: Design e construção com bambu e ao IFSP- Campus Avaré S.P.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials. ASTM E23. Philadelphia, USA. 2012.

AZZINI, A; SANTOS, R. L. DOS; PETTINELLI, J. A. Bambu: material alternativo para construções rurais. Boletim técnico. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP. 1997.

BAMBU-BRASILEIRO. Disponível em: <http://www.bambubrasileiro.com/info/especies/4.html>. Acessado em 13/10/2017.

BARELLI, B. G. P. Design para a sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos. UNESP, Bauru, SP. 2009. Dissertação mestrado.

- BERALDO, A. L. Bambucreto: o uso do bambu como reforço do concreto. In: XVI CONBEA, Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Anais. Jundiaí, SP. 1987. v. II, Jul., p. 521-530.
- GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. Ensaios dos materiais. LTC. Rio de Janeiro, R.J. 1999.
- CASAGRANDE JR., E. F.; UMEZAWA, H. A.; TAKEDA, J. Arranjo produtivo local sustentável : estudo de caso para o uso do potencial do bambu na geração de emprego e renda no Paraná. XXIII Encontro Nac. de Engenharia de Produção. Ouro Preto, MG. 2003. p. 1-8.
- GHAVAMI, K. Application of bamboo as a low-cost energy material in civil engineering. Third cid rilem symposium on materials for low icome housing. Cidade do México. 1989. p. 526-536.
- GHAVAMI, K. Utilização do bambu como material em habitação de baixo custo. São Paulo, SP. 1998. p.45.
- GHAVAMI, K; RODRIGUES, C. S. Engineering materials and components with plants. In: CIB-Symposium, Construction & Environment, São Paulo. Proceedings... Global Seven Editor. São Paulo, SP. 2000. CD Rom.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. Campina Grande, PB. 2005. v.9, n.1, p.107-114.
- GHAVAMI, K. Development of structural elements using bamboo. The role of bamboo in disaster avoidance international. In: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), Guayaquil, Equador. Proceedings... Guayaquil. 2001. p.1-17.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVAVEIS (IBAMA). Apostila ambiental: analista ambiental. Editora Dias. 2001. p. 245.
- JAHN, G. Microcurso M-20 - El humilde bambú - “Acero Vegetal”. Publicado no II Congresso Virtual de Arquitetura, Caracas, Venezuela. 2001.
- LIESE, W.; KUMAR, S. Bamboo preservation compendium. INBAR, Beijing, China. Technical Rep. 2003.
- LIESE, W. The Structure of bamboo in relation to its properties and utilization. In: International Symposium on Industrial use of Bamboo. Proceedings... Beijing, China. 1992. p. 95-100.
- LÓPEZ, O. H. Bambu, su cultivo y aplicaciones en fabricacción de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. Cali, Estudios Tecnicos Colombianos Ltda. Colombia. 1974.
- LÓPEZ, O. H. O bambu: the gift of the gods. D´vinni Ltda. Bogotá, Colômbia. 2003.
- MORESCHI, J. C. Propriedades tecnológicas da madeira. UFPR. Curitiba, PR. 2005. Manual didático.
- MURAKAMI, C. H. O bambu: matéria-prima do futuro. Boletim florestal. São Paulo, SP. 2007. v.1, n.6, p.5.
- NBRNM 281-1. Materiais metálicos - Parte 1: Ensaio de impacto por pêndulo charpy. 2003.
- PEREIRA, M. A. D. R.; BERALDO, A. L. Bambu de corpo e alma. Canal 6, 2ª edição. Bauru, SP. 2016.
- PEREIRA, M. A. D. R. Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*). Unesp. Faculdade de Ciências Agrônômicas. 1997. Tese de doutorado.
- SILVA, J. S. G. DA; HEEMANN, A. Eco-concepção: design, ética e sustentabilidade ambiental. I Encontro de sustentabilidade em projeto do vale do Itajaí. Anais... Itajaí. SC. 2007. p.109-112.
- VEZZOLI, C.; MANZINI, E. Design for sustainable consumption. Changes to sustainable consumption. Anais ... Copenhagen, 2006. p.167-197.
- VOGTLANDER, J. G.; VAN DER LUGT, P.; BREZET, J. C. The sustainability of bamboo products for local and western european applications. LCAs and land-use; Journal of cleaner production. 2010. v.18. p.1260-1269.

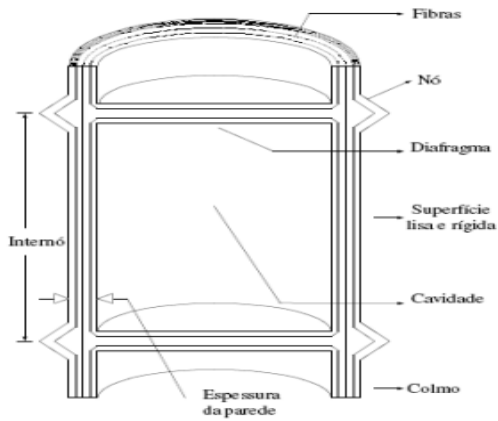


Figura 1- Corte longitudinal do colmo
Fonte: (LIESE, 1992).

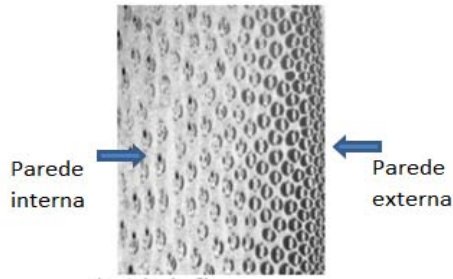


Figura 2 - Distribuição das fibras na parede do colmo do bambu
Fonte: Adaptado de (GHAVAMI & MARINHO, 2005).



Figura 3 - Bambu Denrocalamus Asper
Fonte: UNESP – Bauru.



Figura 4 - Amostra (internó)

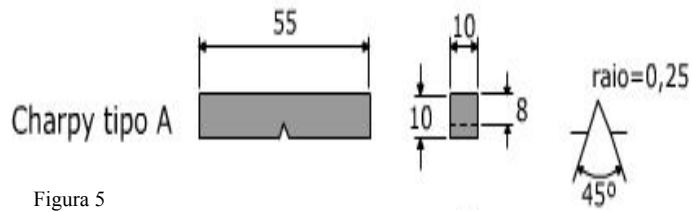


Figura 5
Fonte: ASTM.

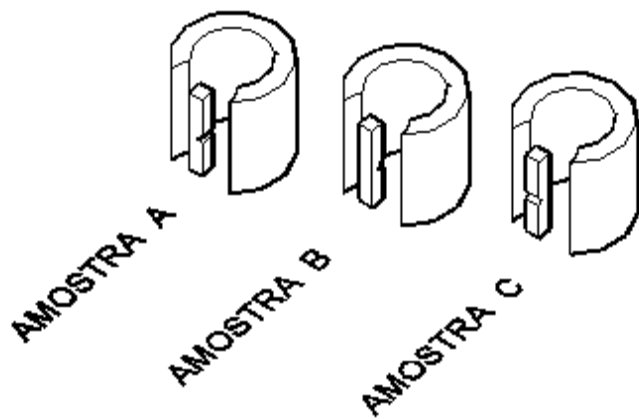


Figura 6 - Posições do entalhe em relação ao internó
Fonte Autor.



Figura 7
Fonte: Laboratório de usinagem: IFSP-Campus Avaré S.P.



Figura 8



Figura 9
Fonte: Laboratório de ensaios mecânico: IFSP-Campus Avaré S.P.

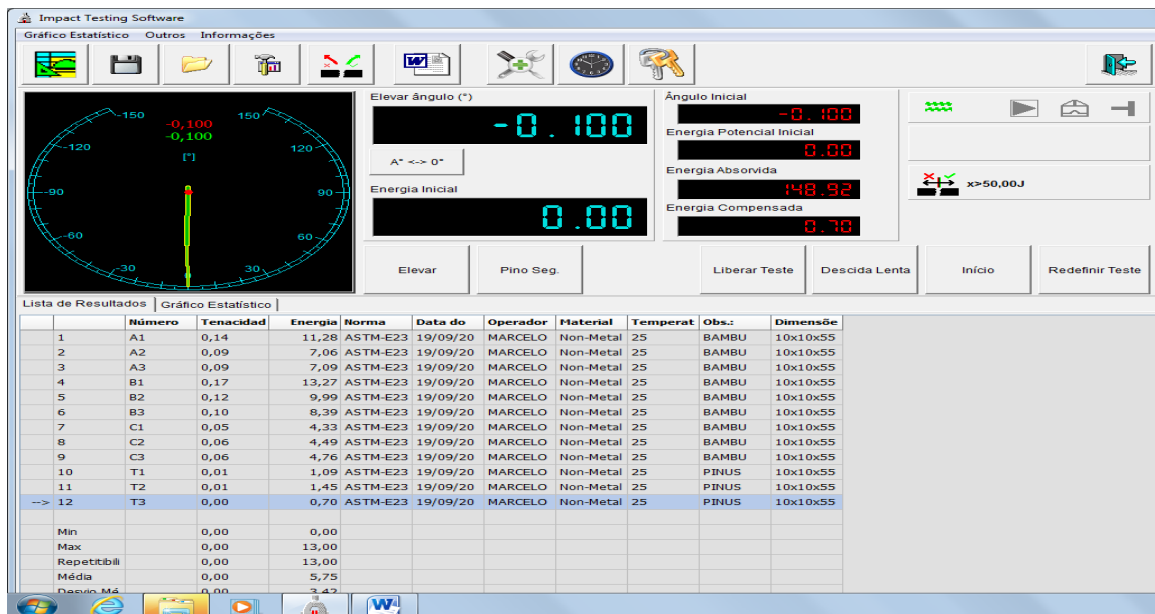


Figura 10 - Tela do computador com os resultados totais

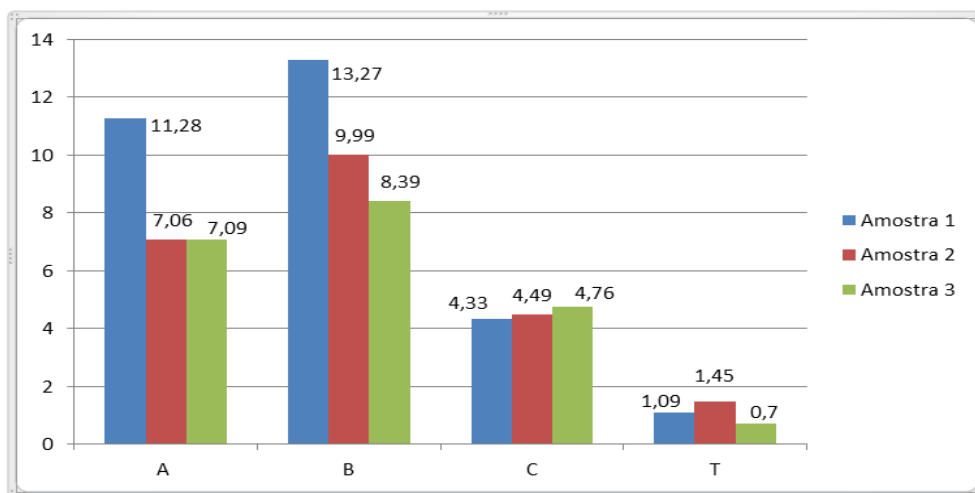


Gráfico 1 - Energia absorvida para cada amostra em Joules

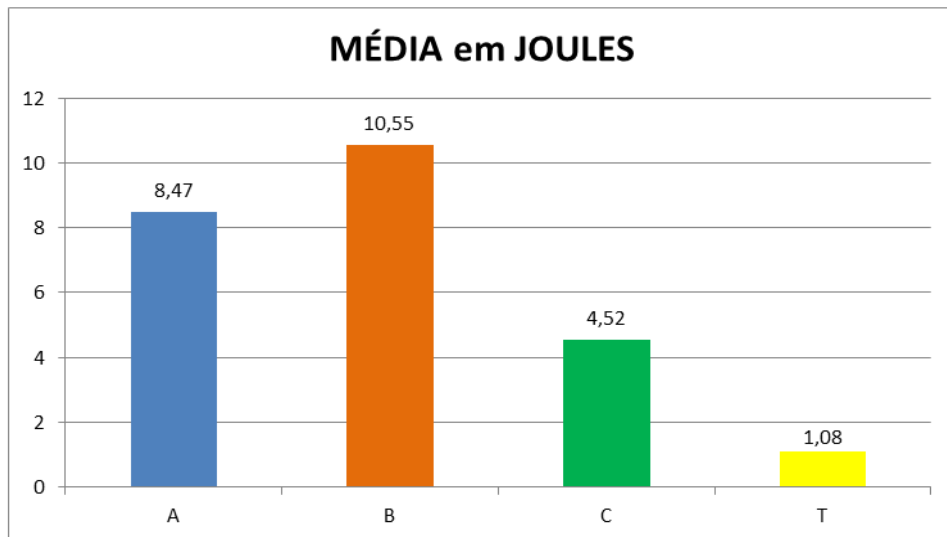


Gráfico 2 - Energia absorvida em Joules (Média)



Figura 11 - Foto dos padrões de bambu (acima) e o Pinus (abaixo) depois do impacto com detalhe ampliado do rompimento