

**RESISTÊNCIA MECÂNICA DO PERICARPO DE FRUTOS DE *Bertholletia excelsa*
BONPL. (LECYTHIDACEAE)**

Camila de Lima Faustino¹, Lúcia de Oliveira Wadt²

Resumo: Pesquisas estão sendo desenvolvidas para a utilização de matérias-primas resistentes como alternativa para os diversos usos de madeira ou para serem combinadas com resíduos madeireiros, na confecção de lâminas e aglomerados. Este trabalho objetivou caracterizar mecanicamente o fruto de *Bertholletia excelsa* e gerar informações que possam ser usadas na busca de materiais alternativos oriundos da biodiversidade. Ensaios de dureza Janka e de compressão foram realizados, respectivamente, para a obtenção de informações a respeito da resistência máxima do pericarpo do fruto perante a penetração de um corpo estranho e valores da força máxima sustentada pelo fruto intacto. Os procedimentos adotados foram similares aos utilizados para calcular a resistência mecânica da madeira. A dureza Janka média obtida foi de 3.454,52 N e a resistência à compressão foi de 185,90 MPa. O aproveitamento dos frutos da castanheira como compósito seria uma alternativa de uso do material, já que os ensaios indicaram que a matéria-prima possui boas propriedades mecânicas, apontando favoravelmente para o aprofundamento de estudos para seu uso.

Palavras-chave: produto florestal não madeireiro; uso alternativo à madeira; biomassa residual de fruto amazônico.

**MECHANICAL STRENGTH OF *Bertholletia excelsa* BONPL. (LECYTHIDACEAE)
FRUIT**

Abstract: Research has been developed for the use of resistant raw materials as an alternative to the various uses of wood or to be combined with wood waste to make blades and particleboards. This study aimed to characterize mechanically the fruits of *Bertholletia excelsa* and produce information that can be used in the search for alternative materials coming from biodiversity. Janka hardness tests and compression tests were performed, to obtain, respectively information concerning the maximum resistance of the fruit pericarp before a foreign body

¹ União Educacional do Norte, BR 364, Km 02, Alameda Hungria, 200, Jardim Europa II, 69915-497, Rio Branco-AC, Brasil. <camilafaus@gmail.com>.

² Embrapa Acre, BR 364, Km 14, Caixa Postal 321, CEP 69908-970, Rio Branco-AC, Brasil. <lucia.wadt@embrapa.br>.

penetration and the maximum strength supported by the fruit intact. The procedures were similar to those used to calculate the strength of timber. The Janka hardness average was 3454.52 N and the compressive strength was 185.90 MPa. Brazilian nut fruits used as composite could be an alternative, since first assays indicated that this raw material has good mechanical properties, pointing favorably towards further studies.

Keywords: non-timber forest product; timber alternative use; Amazon fruit residual biomass.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas duas décadas, são crescentes as preocupações acerca dos efeitos indesejáveis do desenvolvimento econômico, especialmente no que diz respeito aos impactos ao meio ambiente. O desafio atual é iniciar, efetivamente, um processo de transição em direção ao desenvolvimento sustentável, sendo necessário rever as estratégias de uso de diversos materiais para uma melhor gestão dos recursos naturais.

O Brasil possui uma área florestal significativa, onde se destaca a Amazônia brasileira, que abriga um terço das florestas tropicais do mundo e milhares de espécies de árvores, das quais cerca de 350 espécies são extraídas para fins madeireiros (BARROS; VERÍSSIMO, 2002). O setor madeireiro está presente em todos os estados que compõe a Amazônia Legal, fazendo desta, a principal região produtora de madeira no Brasil e a segunda maior produtora de madeira tropical do mundo (LENTINI et al., 2006).

Entretanto, é necessário cautela para utilização desta matéria-prima, uma vez que a exploração predatória e o desmatamento trazem sérias consequências ambientais, tais como perda de produtividade, mudanças no regime hidrológico e perda de biodiversidade (FEARNSIDE, 2005). Portanto, alguns fatores, como o manejo florestal e o uso de produtos alternativos, devem ser considerados quando se discute a busca de uma atividade florestal, baseada em fundamentos da sustentabilidade.

A demanda atual de madeira dos diversos setores da indústria de processamento primário e secundário vem propiciando pesquisas com produtos alternativos, visando à descoberta de matérias-primas que contenham características desejáveis para a confecção de produtos sólidos, de modo que atendam os níveis de qualidade necessários ao produto final. Neste sentido, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para a utilização de matérias-primas resistentes como alternativa para os diversos usos de madeira ou para serem combinadas com resíduos madeireiros, para confecção de lâminas e aglomerados. Lima et al. (2006), avaliaram a utilização de fibras, oriundas do epicarpo de babaçu (*Orbignya* spp.) em combinação com

partículas de *Pinus elliottii* para confecção de chapas de madeira aglomerada e verificaram que o material apresentou resultados similares para as chapas confeccionadas apenas com *Pinus elliottii*.

Dentre as espécies arbóreas amazônicas de importância econômica e que poderiam ser aproveitadas para outros usos, destaca-se a castanheira (*Bertholletia excelsa*), cuja madeira é de excelente qualidade, porém com proibições referentes ao seu corte. A espécie conhecida popularmente por castanheira e mundialmente como castanha-do-brasil (*Brazil nut*) é uma das mais de 200 espécies que estão inseridas dentro da família Lecythidaceae, tratando-se de uma das famílias com a maior abundância em áreas não perturbadas de terra firme da Amazônia (RIBEIRO et al., 1999).

Os frutos da castanheira são abertos pelos extrativistas após a queda natural da copa das árvores e as sementes coletadas são levadas para a comunidade, ficando o pericarpo, conhecido localmente como ouriço, o qual é descartado na floresta. Por ser muito resistente, o pericarpo é utilizado em algumas comunidades, em pequena escala, na confecção de artesanatos e como combustível na forma de carvão, para fogões a lenha.

Na maioria dos casos, os resíduos de base florestal ainda são desprezados ou destinados à queima para produção de energia. Moura; Nascimento (2007) determinaram as características do carvão produzido a partir do pericarpo dos frutos de *Bertholletia excelsa*, sendo observado um alto potencial para esse uso. Nogueira (2011) testou um método adequado para carbonização de ouriços de castanheira em condições de campo, verificando a possibilidade de produção de carvão com características químicas, físicas e térmicas comparáveis ao carvão de outras espécies. Outro estudo realizado com o ouriço demonstrou que o mesmo possui potencial para fonte de adubação orgânica (MENDES et al., 2007).

É importante lembrar que o destino deste material apenas como lenha e adubo orgânico pode estar aquém das potencialidades de utilização do resíduo. Apesar do pericarpo dos frutos de *Bertholletia excelsa* ser aparentemente resistente, não há registro de estudos que quantifiquem suas propriedades mecânicas.

Tendo em vista a importância econômica e ecológica que a castanheira representa, além da peculiaridade de rigidez natural do fruto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar mecanicamente o fruto de *Bertholletia excelsa*, para gerar informações que possam ser usadas no futuro para busca de materiais alternativos oriundos da biodiversidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem dos frutos

O experimento foi realizado com frutos coletados em um castanhal do Projeto Agroextrativista Chico Mendes, no Município de Xapuri, estado do Acre, Brasil. Foram coletados 120 frutos provenientes de 20 árvores de *Bertholletia excelsa*. Em cada árvore, foram coletados seis frutos, dos quais três foram utilizados para os ensaios de dureza Janka e três para os ensaios de compressão.

Outros frutos, provenientes de doze árvores do mesmo castanhal, foram coletados para verificar a espessura do pericarpo, utilizando um paquímetro de precisão. De cada árvore foram amostrados cinco frutos, totalizando 60 repetições.

2.2 Ensaios realizados

Os procedimentos adotados foram similares aos utilizados para calcular a resistência mecânica da madeira, em uma máquina de ensaios universal da marca EMIC. Foram confeccionados corpos de prova, para os ensaios de dureza Janka e utilizado o fruto intacto para os ensaios de resistência à compressão.

A confecção dos corpos de prova consistiu em serrar os frutos no comprimento desejado. Como não há normas específicas para o material utilizado, foram adaptadas as recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997). Não foram utilizados os tamanhos de corpos de prova confeccionados para ensaios mecânicos com bambu, que também é matéria-prima de origem não madeireira, porque o fruto da castanheira possui superfície irregular e curva, e ainda, a espessura do pericarpo é variável de uma árvore para outra. Para a determinação da dureza Janka, foram confeccionados três corpos de prova com o pericarpo de cada fruto da castanheira, totalizando nove corpos de prova por árvore. Cada corpo de prova mediu 3,0 cm de largura x 5,0 cm de comprimento e foi confeccionado com o auxílio de um esmeril e uma mesa graduada.

De acordo com um estudo realizado por Bustos et al. (2009), não foi verificado nenhum efeito dos tratamentos de secagem sobre a dureza da madeira, portanto, todo material utilizado neste trabalho foi ensaiado em seu estado natural, sem passar por processo de secagem.

Foram realizados ensaios de dureza Janka e de compressão, com a finalidade de se obter, respectivamente, informações a respeito da resistência máxima do pericarpo do fruto perante a penetração de um corpo estranho e valores da força máxima sustentada pelo fruto intacto, antes da ruptura.

A dureza do fruto, similar a dureza da madeira proposta por Janka, foi determinada convencionalmente pela tensão provocada pelo atrito de uma semiesfera de aço (com diâmetro de 1 cm²) atuante no corpo de prova até o momento da penetração da semiesfera de aço no mesmo. A força da esfera foi direcionada na parte externa do fruto, desconsiderando o sentido das fibras, dada por:

$$DU = Ft_{MAX} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: DU - Dureza Janka (N); Ft_{MAX} - Força máxima de tensão.

Para a realização do ensaio de compressão, aplica-se uma carga que comprime o material sobre uma base de metal, com resistência muito superior à do material ensaiado. Dessa forma o material tende a amassar o que efetivamente ocorre quando se ultrapassa o seu limite de resistência.

O ensaio de compressão consistiu na aplicação de uma carga no fruto inteiro, a partir da abertura opercular, desconsiderando o sentido das fibras do material, com velocidade controlada, até a sua ruptura, a fim de verificar a força necessária, utilizada por um agente externo, para romper o fruto.

A resistência à ruptura por compressão foi dada pela máxima força de compressão (C_{MAX}), que pode atuar na direção superior do fruto, a partir da abertura opercular.

A resistência à compressão foi calculada por:

$$CP = C_{MAX} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: CP - resistência à ruptura à compressão (MPa); C_{MAX} - máxima força de compressão.

2.3 Análise dos dados

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, através da estimativa da média, desvio padrão e coeficiente de variação, no software BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pericarpo do fruto da castanheira é formado por um material lenhoso e fibroso, cujas fibras estão arrançadas de forma irregular. Em todos os 180 corpos de prova utilizados no ensaio de dureza Janka, houve o rompimento do material antes da penetração da esfera. Desta forma,

os valores de dureza Janka registrados neste estudo referem-se ao momento em que houve o rompimento do corpo de prova e não a penetração total da semiesfera de aço.

O pericarpo do fruto de *Bertholletia excelsa*, se comparado com a madeira de árvores amazônicas, apresentou pouca rigidez e elasticidade, já que muitas árvores utilizadas no mercado, tal como a própria *Bertholletia excelsa*, apresentam valores superiores a 6000 N para dureza Janka (ARAÚJO, 2007), valor este superior ao observado no estudo para o pericarpo da espécie (Tabela 1).

Tabela 1. Medidas descritivas das propriedades mecânicas do fruto de *Bertholletia excelsa*.
Table 1. Descriptive measures of the mechanical properties of fruit from *Bertholletia excelsa*.

Testes	n	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Dureza Janka	180	3454,52 N	798,17	23,11
Resistência à Compressão	60	185,90 MPa	583,75	31,65

n: tamanho amostral para os ensaios; CV: coeficiente de variação.

Foram observados altos valores de desvio padrão e coeficiente de variação, o que podem ser explicados em decorrência da variação de espessura encontrada no pericarpo dos frutos de *Bertholletia excelsa*. Para os 60 frutos avaliados, obteve-se em média 12,2 mm de espessura do pericarpo com coeficiente de variação de 16,96%.

Essa variação de espessura é natural do fruto e observada pelos extrativistas, que relatam que frutos com o pericarpo mais fino são mais fáceis de serem abertos por necessitarem de uma força menor para serem rompidos.

O mesmo fato observado com a espessura dos frutos da castanheira ocorre com a madeira, onde são observadas variações nas propriedades de uma mesma espécie. Segundo Rocha (1994), a heterogeneidade da madeira se deve aos diversos tipos de células com funções específicas, ao fato de ser constituída por vários compostos químicos, orgânicos e inorgânicos, além dos fatores que afetam o desenvolvimento das árvores, tais como o clima, o solo, local de crescimento e os fatores de ordem genética.

O pericarpo de *Bertholletia excelsa* apresentou dureza Janka média inferior ao encontrado para a madeira de *Parkia gigantocarpa* (5348 N), uma espécie nativa da floresta de terra firme da Amazônia (MIRANDA et al., 2012). Apesar disso, pode-se considerar um material bastante duro por se tratar de pericarpo de fruto e não madeira propriamente dita, mas é preciso avaliar os fundamentos dessa dureza devido à conformação de suas fibras. Essa característica do fruto pode indicar potencial para uso na confecção de materiais industrializados como aglomerados e MDF (Medium Density Fiberboard – Painel de Fibras de Média Densidade), sendo necessário avaliar o comportamento de suas fibras na confecção desses materiais. Já em relação ao ensaio

de resistência à compressão, o pericarpo do fruto de *Bertholletia excelsa* foi mais resistente que a madeira de *Parkia gigantocarpa*, tanto se comparado com os valores de compressão paralela as fibras (48,15 MPa), quanto para a compressão perpendicular (7,04 Mpa) encontrados por Miranda et al. (2012).

Quando os valores observados neste estudo são comparados com espécies tropicais brasileiras, observa-se que o pericarpo dos frutos de *Bertholletia excelsa* possui dureza similar a muitas madeiras utilizadas para fins comerciais (Tabela 2). Araújo (2007) obteve dados de propriedades mecânicas para 163 espécies tropicais brasileiras e destas, 10 possuem simultaneamente valores de dureza Janka e de resistência à compressão menores que os valores encontrados para o pericarpo de frutos de *Bertholletia excelsa*.

Tabela 2. Propriedades mecânicas de 10 espécies de madeiras tropicais brasileiras.
Table 2. Mechanical properties of 10 species of Brazilian tropical wood.

Nome usual	Nome científico	Dureza Janka (N)	Compressão (MPa)	
			Paralela	Perpendicular
Burra-leiteira	<i>Sapium marmieri</i>	2295	32,56	3,73
Cajá	<i>Spondias lutea</i>	2108	30,89	3,73
Caucho	<i>Castilla ulei</i>	2716	36,77	3,63
Figueira	<i>Ficus insipida</i>	2079	37,66	3,92
Leiteiro	<i>Sapium aereum</i>	2726	43,44	5,10
Lourovermelho	<i>Nectandra rubra</i>	3354	49,92	4,81
Marupá	<i>Simarouba amara</i>	2707	33,05	4,41
Parapará	<i>Jacaranda copaia</i>	3295	30,69	3,04
Quaruba	<i>Vochysia ferrugínea</i>	3158	37,76	4,51
Sumaúma	<i>Ceiba pentandra</i>	2314	23,73	1,86

Fonte: Adaptado de Araújo (2007).

Carvalho (2005) esclarece a importância do uso de fibras naturais em compósitos utilizados no reforço de elementos estruturais de madeira, tais como o sisal. As vantagens destes materiais alternativos, de origem natural são a abundância, biodegradabilidade e o baixo custo em relação às fibras de carbono ou fibras de vidro, que atualmente são amplamente utilizadas no mercado.

Em outro estudo realizado por Lima et al. (2006), foi verificado que a utilização da fibra de babaçu combinada com partículas de *Pinus elliottii* para produção de chapas de madeira aglomerada, possui potencial para produção. A fibra de babaçu, associada ao incremento no teor de adesivo contribuiu para a redução nos valores de inchamento em espessura e absorção de água, além de ter demonstrado resultados similares aos encontrados em chapas fabricadas apenas com partículas de Pinus, para as propriedades mecânicas.

A fibra do coco é outro material de origem ecológica, que possui potencial de aproveitamento tecnológico, visto que foram observados resultados positivos no uso da matéria-prima para confecção de gabinetes de computador (MACHADO et al., 2009).

4 CONCLUSÕES

O pericarpo de *Bertholletia excelsa* apresenta-se como material potencial para utilização como componente de elementos estruturais de madeira, visto que é uma matéria-prima em abundância na região amazônica e com propriedades mecânicas similares ou superiores a algumas madeiras.

O aproveitamento dos frutos da castanheira como compósito, agregaria valor a um material que atualmente é desperdiçado, além da viabilidade de seu uso como mais uma alternativa para manejo da espécie, já que as primeiras impressões nos ensaios indicaram que a matéria-prima possui boas propriedades mecânicas, apontando favoravelmente para o aprofundamento de estudos para seu uso.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FUNTAC, pela concessão ao uso dos equipamentos e a equipe do Laboratório de Madeira pelo apoio nos ensaios. Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**. v.37, n.3, 2007.

AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. de A. S. dos. **BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 324p.

BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. **A Expansão madeireira na Amazônia**: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará. Belém: Imazon, 2002. 166p.

BUSTOS, C.; HERNÁNDEZ R.; FORTIN Y. Effect of kiln-drying on the hardness and machining properties of tamarack wood for flooring. **Forest Products Journal**. v.59, n.1/2, p. 71-76, 2009.

CARVALHO, R. F. **Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira**. São Carlos. 2005. 133p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**. v.1, n.1, p. 113-123, 2005.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. **A expansão madeireira na Amazônia**. Revista da Madeira, n. 98. 2006. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=932&subject=Amaz%F4niaa&title=A%20expans%E3o%20madeireira%20na%20Amaz%F4nia. Acesso em: 23 jan. de 2013.

LIMA, A. M.; VIDAURRE, G. B.; LIMA, R. M.; BRITO, E. O. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. **Revista Árvore**. v.30, n.4, p. 645-650, 2006.

MACHADO, K. C.; DAMM, D. D.; FORNARI JUNIOR, C. C. M. **Reaproveitamento tecnológico de resíduo orgânico: casca de coco verde na produção de gabinetes ecológicos de computadores**. 2009. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.com.br/t013.pdf>>. Acesso em 28 fev. de 2013.

MENDES, A., MORAES, G. L., SENA, L. S. Aproveitamento de casca e ouriço de castanha-do-brasil como adubo orgânico. In: ANAIS DA 47ª REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2007, Natal. **Anais...** Natal: Associação Brasileira de Química – ABQ, 2007.

MIRANDA, M. C.; CASTELO, P. A. R.; MIRANDA, D. L. C.; RONDON, E. V. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. **Ciência da Madeira**. v.03, n.02, p. 55-65, 2012.

MOURA, P. R. G.; NASCIMENTO, C. C. Fruto da Castanha-do-Brasil: potencialidade de uso como fonte de matéria-prima para a rede energética do estado do Amazonas. In: ANAIS DA 59ª REUNIÃO DA SBPC, 2007, Belém. **Anais...** Belém: SBPC, 2007.

NOGUEIRA, R. M. **Secagem da castanha-do-brasil em condições de floresta e carbonização do resíduo do fruto da castanheira**. 2011. 132p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

RIBEIRO, J. E. L. S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M.; SOUZA, M. A. D.; MARTINS, L. H.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A.; PEREIRA, E. C.; SILVA, C. F.; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999. 800p.

ROCHA, J. S. **A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras amazônicas**. Piracicaba. 1994. 160p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1994.