

COLAGEM DE JUNTA DE MADEIRA COM ADESIVO EPÓXI¹

Ruth Pereira Cardoso²

Bernardo Borges Pompeu Neto³

Roberto Tetsuo Fujiyama⁴

Resumo

Este trabalho tem como, objetivo confeccionar, testar e comparar juntas coladas de topo, biselada e encaixada de espécies de madeira de diferentes densidades. A metodologia de fabricação das juntas, foi estabelecida nos procedimentos descritos na norma brasileira NBR 7190 de 1997. Realizou-se ensaio de caracterização da madeira, para confirmação de suas espécies. Depois de estabelecida a dimensão das juntas confeccionaram-se os corpos de prova utilizando as madeiras Angelim-pedra, Jatobá e Tauari, adquirida em depósito de madeira na cidade de Ananindeua-Pa, e o adesivo Compound Adesivo de base epóxi. Após a colagem das juntas realizou-se ensaio de tração a fim de determinar a resistência. Quanto à caracterização do adesivo, verificou-se através do ensaio de tração, que tem boa resistência mecânica. Os resultados mostram que, quanto maiores forem as áreas de colagem das juntas, mais eficiente ficam as emendas. De acordo com os resultados, observou-se que a madeira Jatobá combinou muito bem com este tipo de adesivo. Com relação às juntas coladas, a junta biselada mostrou-se mais eficiente, pois obteve a maior tensão de ruptura em relação à junta de topo e encaixada para os três tipos de madeira. Os valores médios da resistência à tração paralela às fibras, determinado nos corpos de prova das juntas colada biselada de Jatobá apresentou equivalência à resistência ao cisalhamento da madeira sólida, que de acordo com a norma NBR 7190 de 1997, indica boa qualidade da adesão.

Palavras-chave: Madeira; Adesivo; Juntas coladas.

ADHESIVENESS WOOD-WOOD WITH EPOXY

Abstract

This work has the objective of making, to test and to compare the glued joints of butt, scarf and (finger) telescope with three species of wood of different densities. The methodology of production of the joint, it was established in the procedures described in the Brazilian norm NBR 7190 of 1997. Rehearsal of characterization of the wood it was accomplished, for confirmation of your species. After established the dimension of the joints was made the bodies of proof using wood Angelim-pedra, Jatobá and Tauari, acquired in wood deposit in the city of Ananindeua-Pa, and the adhesive Compound Adesivo of epoxy base. After collages of the joints it was accomplished traction rehearsal to determining the resistance. With relationship to the characterization of the adhesive, it was verified through the traction rehearsal that has good mechanical resistance. The results present as larger collage area of the joints, more efficient are the joints. In agreement with the results, is observed that the wood Jatobá combined very well with this adhesive type. With relationship to the glued joints, the scarf joint it was shown more efficient because obtained the largest rupture tension in relation to the glued butt joints and telescope for the three wood types. The medium values of the resistance to the parallel traction to the fibers, determining in the bodies of proof of the glued joints of scarf of Jatobá it presented equivalence to the resistance to the shearing of the solid wood, that in agreement with the norm NBR 7190 of 1997, it indicates good quality of the adhesion.

Key-words: Wood; Adhesive; Glued joints.

¹ Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Aluna do Programa de Pós - graduação em Eng. Mecânica - UFPA rpc@ufpa.br.

³ Titulação e afiliação do autor (empresa onde trabalha). Professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pompeu@ufpa.br.

⁴ Professor do Curso de Graduação e Pós-graduação em Eng. Mecânica, UFPA, fujiyama@ufpa.br

1 INTRODUÇÃO

A maior vantagem da madeira colada é que se pode aproveitar uma grande quantidade de madeira de pequenas dimensões. A madeira laminada colada deve ser fabricada por rígidos padrões de controle de qualidade, para que tenha alta resistência e durabilidade. A norma NBR 7190, de 1997,⁽¹⁾ apresenta os procedimentos bastante utilizada no ensaio de caracterização de juntas coladas de madeira. As emendas podem ser do tipo topo, biselada e encaixada. Conforme Hunt,⁽²⁾ a densidade da madeira indica a quantidade aproximada de espaços vazios disponíveis para receber líquidos, como por exemplo, adesivos. Assim, quanto menor for a densidade, maior será a permeabilidade de sua estrutura. No entanto, quanto menor for a densidade da madeira, menor será a sua resistência mecânica Tsoumis.⁽³⁾

O adesivo é usado para unir materiais através da fixação de suas superfícies. Durante algum tempo o adesivo permanece fluido para molhar as superfícies a serem coladas. No entanto, devido a mudanças químicas e físicas, o adesivo se solidifica.⁽⁴⁾ O adesivo epóxi é ativado pela aplicação de calor, catalisadores ou combinação de ambos. Estes adesivos termofixos apresentam um alto módulo de rigidez em relação aos adesivos termoplásticos e possuem um bom grau de resistência ao aquecimento e ao ataque químico.

As madeiras utilizadas neste trabalho para confecção dos corpos de prova das juntas de topo, biselada e encaixada foram: Angelim-pedra, Jatobá e Tauari, e teve como adesivo para as colagens das juntas o Compound Adesivo, fabricado pela Vedaci. Foram confeccionados 63 pares de juntas que através de ensaios de tração foram submetidas à carga máxima até as suas rupturas para determinação de suas resistências a tração.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram: Confeccionar, testar e comparar as juntas coladas de topo, biselada e encaixada com os três tipos de madeiras.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Espécies de Madeira

As espécies de madeiras utilizadas para a confecção dos corpos de prova das juntas coladas foram: *Hymenolobium Petraeum* (Angelim-pedra), *Hymenaea Courbaril* (Jatobá) e *Couratari Oblongifolia* (Tauari), que foram adquiridas em depósito de madeira na cidade de Ananindeua – PA.

Na Tabela 1 temos a propriedade física e mecânica das madeiras que foram usadas no estudo das juntas coladas.

Tabela 1. Propriedade física e mecânica das madeiras usadas no estudo das juntas coladas⁽⁵⁾

Propriedades	Madeiras (12%) umidade		
	Angelim-pedra	Jatobá	Tauari
Densidade (g/cm ³)	0,83	0,74	0,52
Tensão de ruptura (MPa)	17,64	15,7	10,2

Foi necessário executar um ensaio para identificação das espécies das amostras das madeiras envolvidas neste trabalho, pelo fato de que para uma

mesma família vegetal pode existir diferentes espécies de madeiras, e cada uma destas podem ter diferentes propriedades físicas e mecânicas. A caracterização macroscópica da madeira que deram origem aos corpos de prova das juntas coladas usados nas colagens, foi realizada na Embrapa, pelo Professor Joaquim.*

2.2 Adesivos

Para a confecção dos corpos de prova das juntas coladas foi utilizado o adesivo Compound Adesivo de base epóxi, fabricado pela Vedacit, mostrado na Figura 1.



Figura 1. Adesivo epóxi utilizado na colagem das juntas.⁽⁶⁾

De acordo com o boletim técnico, obteve-se uma breve descrição do adesivo epóxi utilizado na pesquisa. O Compound Adesivo é um adesivo bicomponente (A + B) cuja base de formulação de um dos componentes é uma resina epóxi e o outro é um endurecedor tipo poliamino-amida, possui consistência pastosa, apresenta excelente desempenho nas colagens dos mais diversos materiais empregados na construção civil, é impermeável e resistente aos óleos, graxas e a uma série de substâncias químicas, seca em 24 h.

2.3 Juntas

A metodologia de fabricação dos corpos de prova das juntas coladas foi estabelecida nos procedimentos descritos na norma brasileira NBR 7190,⁽¹⁾ desde a confecção dos corpos de prova até o tratamento final dos resultados obtidos.

2.3.1 Formas e dimensões dos corpos de prova das juntas

As Figuras 2, 3 e 4 ilustram as formas e dimensões dos corpos de prova das juntas de topo, biselada e encaixada respectivamente, que foram utilizadas para confecção dos corpos de prova.

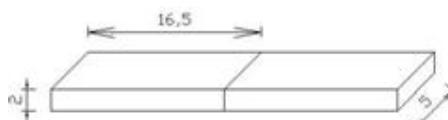


Figura 2. Dimensões dos corpos de prova das juntas de topo dados em cm.

* Professor, Dr. Joaquim Ivanir Gomes – pesquisador da Embrapa na área de Botânica.

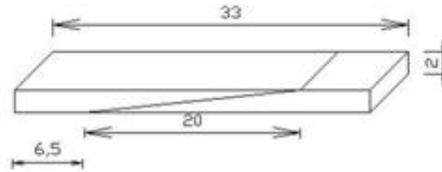


Figura 3. Dimensões dos corpos de prova das juntas biselada dados em cm.

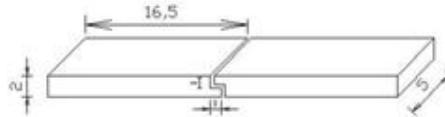


Figura 4. Dimensões dos corpos de prova das juntas encaixada dados em cm.

2.3.2 Confeção dos corpos de prova das juntas

Foram preparados 63 pares de juntas, sendo 21 juntas de topo, 21 juntas biselada e 21 juntas encaixada para cada tipo de madeira, ou seja, 7 de Angelim-pedra, 7 de Jatobá e 7 de Tauari, confeccionados com as dimensões aproximadas de 33 cm de comprimento, 5 cm de largura e 2 cm de espessura. Os valores de área de colagem usados para determinar a resistência à tração nos corpos de prova das juntas de topo foi aproximadamente de 10 cm², das juntas biselada 18,50 cm² e das juntas encaixada 15 cm².

A Figura 5 apresenta corpos de prova das juntas de topo, biselada e encaixada respectivamente, com os três tipos de madeira antes da colagem.



Figura 5. Corpos de prova das juntas com os três tipos de madeiras.

2.3.3 Procedimento para a colagem das juntas

A Figura 6 mostra o lixamento e a limpeza dos corpos de prova das juntas de topo, biselada e encaixada na área de cola, para receber o adesivo epóxi.

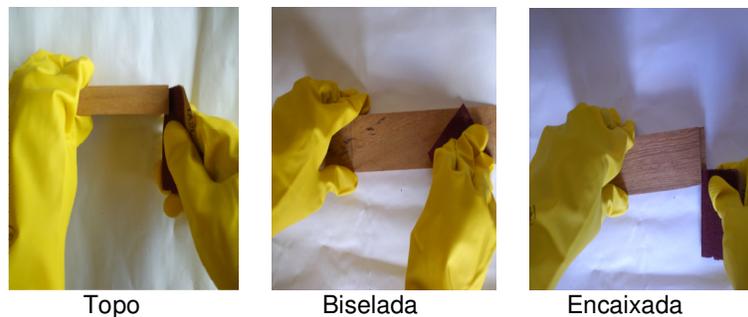


Figura 6. Lixamento dos corpos de prova das juntas.

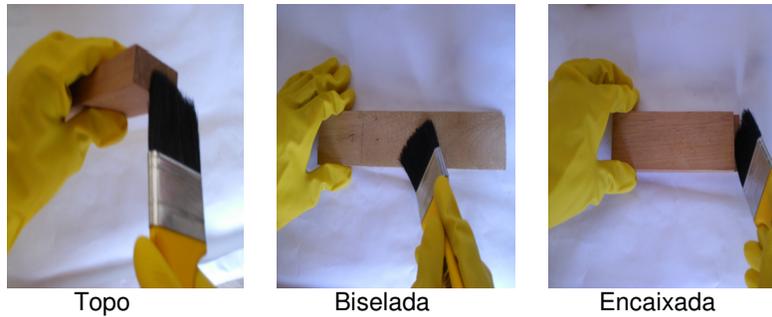


Figura 7. Limpeza dos corpos de prova das juntas.

O adesivo Compound Adesivo foi preparado poucos minutos antes de seu emprego, utilizando duas partes de resina epóxi e uma de endurecedor (mistura de 2:1), sendo os componentes misturados com o auxílio de uma pequena espátula até a mistura ficar homogênea, de cor cinza. Espalhou-se o adesivo com pincel em cada face da área de colagem dos corpos de prova das juntas preenchendo toda a superfície como mostra a Figura 8. Após o espalhamento do adesivo, as juntas foram imediatamente fechadas, e seguras por alguns minutos.



Figura 8. Aplicação do adesivo sobre a superfície de colagem das juntas.

Após a aplicação do adesivo, os corpos de prova das juntas coladas foram então prensados e permaneceram ao tempo de secagem do adesivo, correspondente à 24h. Neste procedimento foi utilizada uma prensa simples como mostra a Figura 9. Apresentam-se na Figura 10, corpos de prova das juntas coladas sendo pressionados.



Figura 9 Prensa simples.



Figura 10 Corpos de prova pressionados.

2.3.4 Ensaio de caracterização mecânica realizados nas juntas coladas

Os ensaios de tração paralela às fibras nos corpos de prova das juntas coladas de topo, biselada e encaixada, foram realizados na máquina Kratos modelo IKCL3-USB, que possui atuador servo hidráulico com capacidade de 3.000 kgf (29419,95 N), aplicando-se uma velocidade de carregamento de 5 mm/ min. Os

resultados obtidos de força máxima foram utilizados na obtenção dos valores de resistência à tração da junta colada de topo, biselada e encaixada. Esta resistência é determinada convencionalmente pela razão entre a máxima força de tração aplicada a um corpo-de-prova alongado e a área do trecho da emenda.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1.1)$$

Onde:

σ - Tensão de ruptura (resistência à tração)

F - Força máxima aplicada (carga máxima aplicada)

A_0 - Área de colagem

A Figura 11 ilustra ensaios de tração dos corpos de prova das juntas coladas de topo, biselada, e encaixada respectivamente.

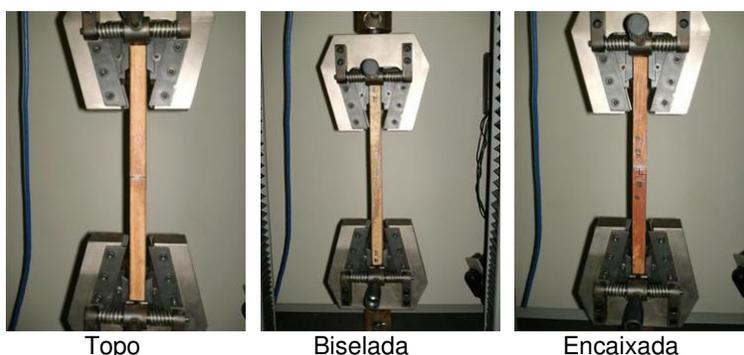


Figura 11 Juntas coladas no momento do ensaio de tração.

2.3.5 Modo de ruptura

Após a execução dos ensaios de tração nos corpos de prova das juntas coladas de topo, biselada e encaixada com os três tipos de madeiras, foram tiradas fotos das superfícies de colagem, para observação e comparação com o modo de ruptura das juntas coladas classificados na norma ASTM D 5573. ⁽⁷⁾

3 RESULTADOS

São apresentados de forma resumida os resultados finais das propriedades mecânicas das juntas coladas com os três tipos de madeiras.

3.1 Ensaio de Caracterização das Madeiras

O Quadro 1 mostra as espécies de madeiras utilizadas no estudo.

Quadro 1. Espécies de madeiras utilizadas no estudo.

Madeira	Espécies	Família
Angelim-pedra	Hymenolobium Petraeum	Fabaceae
Jatobá	Hymenaea Courbaril	Caesalpinaceae
Tauari	Couratari Oblongifolia	Lecythidaceae

A Figura 12 mostra as células de parênquima que identificam cada espécie.

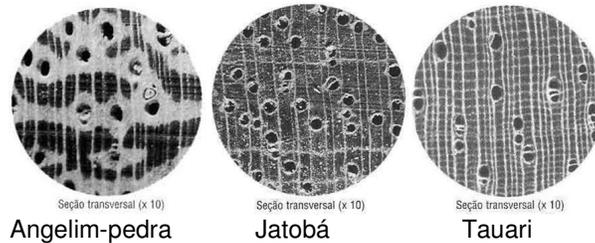


Figura 12. Seção transversal das madeiras usadas na colagem – células de parênquima.⁽⁸⁾

3.2 Ensaio de Caracterização Mecânica Realizados nas Juntas Coladas

A média dos valores da tensão de ruptura obtida a partir dos ensaios de tração, juntamente com a carga máxima aplicada e o alongamento dos corpos de prova das juntas coladas, estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Comparação dos resultados das propriedades mecânicas dos corpos de prova da junta colada de topo com os três tipos de madeiras

Propriedades	Madeiras (12%) umidade		
	Angelim-pedra	Jatobá	Tauari
Força máxima (N)	4747,77	6571,66	4490,84
Tensão de ruptura (MPa)	4,75	6,57	4,49
Alongamento (mm)	5,05	4,94	4,48

Tabela 3. Comparação dos resultados das propriedades mecânicas dos corpos de prova da junta colada biselada com os três tipos de madeiras

Propriedades	Madeiras (12%) umidade		
	Angelim-pedra	Jatobá	Tauari
Força máxima (N)	17929,75	28977,25	13314,70
Tensão de ruptura (MPa)	9,69	15,66	7,19
Alongamento (mm)	29,01	19,45	26,12

Tabela 4. Comparação dos resultados das propriedades mecânicas dos corpos de prova da junta colada encaixada com os três tipos de madeiras

Propriedades	Madeiras (12%) umidade		
	Angelim-pedra	Jatobá	Tauari
Força máxima (N)	5627,28	6804,19	5763,79
Tensão de ruptura (MPa)	3,75	4,53	3,84
Alongamento (mm)	5,47	5,96	6,74

Para visualizar melhor os resultados de forças máximas aplicadas nas juntas coladas com os três tipos de madeiras, temos a Figura 13.

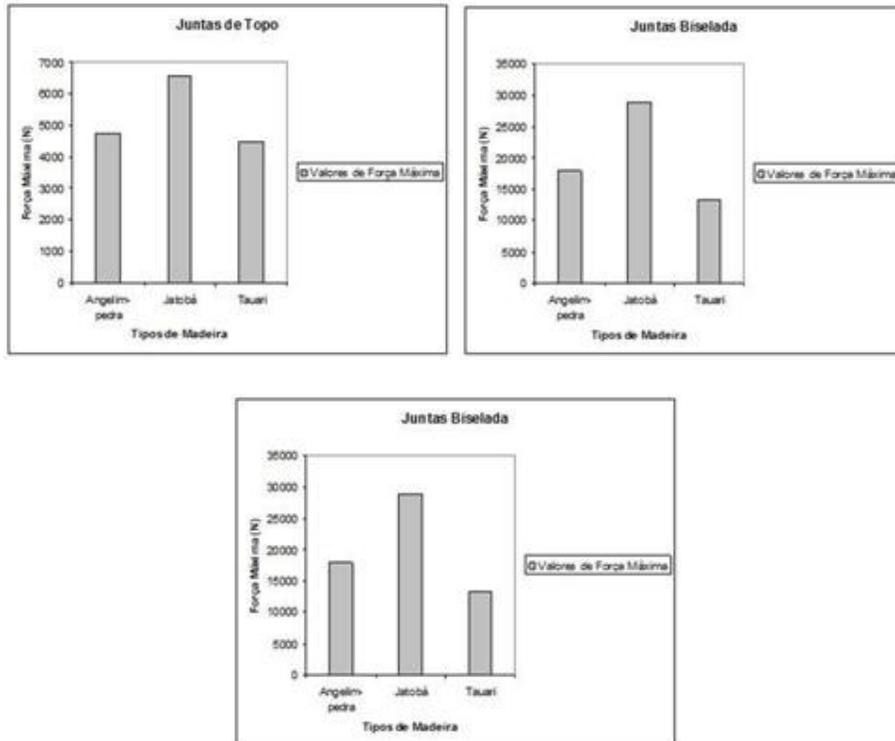


Figura 13. Os gráficos representam as variações dos valores de força máxima das juntas coladas com os três tipos de madeiras.

A Figura 14 apresenta o resultado da tensão de ruptura para as diferentes juntas ensaiadas de Angelim-pedra, Jatobá e Tauari.

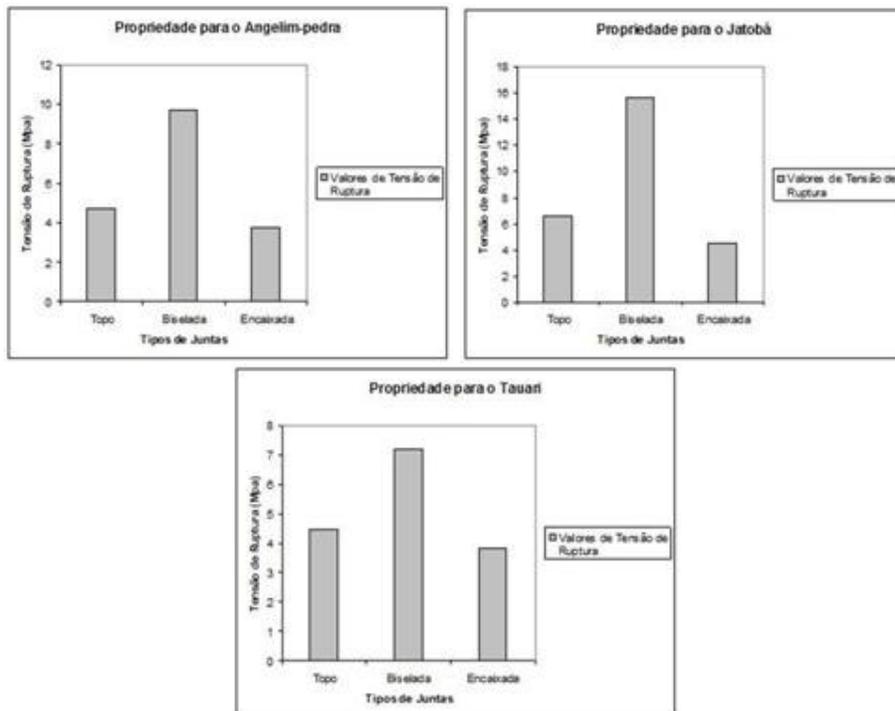


Figura 14. Tensão de ruptura dados em (MPa) para os tipos juntas de Angelim, Jatobá e Tauari.

3.3 Modo de Ruptura

A Figura 15 representa o modo de ruptura típico dos corpos de prova das juntas coladas de topo, biselada e encaixada com os três tipos de madeiras ensaiados à tração.



Figura 15. Modo de ruptura típico dos corpos de prova das juntas coladas com os três tipos de madeiras.

4 DISCUSSÕES

Segundo Freas⁽⁹⁾ as juntas encaixadas são consideradas como junta de resistência intermediária entre as juntas de topo e as juntas biseladas o que não confirmou os resultados experimentais desta pesquisa, pois as juntas encaixadas confeccionadas com os três tipos de madeiras apresentaram baixas resistências à tração em relação às juntas coladas de topo e biseladas. Macêdo e Calil Júnior⁽¹⁰⁾ descreveram que as juntas de topo são as mais simples emendas longitudinais e, apesar de não desperdiçarem madeira, apresentam baixíssima resistência mecânica, porém, em nossos resultados às juntas coladas de topo apresentaram resistências maiores do que as juntas encaixadas. Observamos que as juntas coladas biseladas com as três madeiras, foram as mais eficientes dentre as juntas coladas de topo e encaixadas. Podemos comparar o resultado deste estudo de pesquisa experimental ao estudo feito por Matthiessen⁽¹¹⁾ sobre emendas em bisel para madeira de baixa e alta densidade o qual obteve também bons resultados de eficiência.

Encontramos após os ensaios de tração, os resultados de resistência à tração (tensão de ruptura) para as juntas coladas biseladas de Angelim-pedra - 9,69 MPa, de Jatobá - 15,66 MPa e de Tauari - 7,1 Mpa. Dos resultados obtidos somente as juntas coladas de Jatobá apresentaram semelhança à resistência ao cisalhamento da madeira sólida e de acordo com a norma NBR 7190⁽¹⁾ no ensaio de tração paralelo às fibras, a resistência da junta colada deve ser no mínimo igual à resistência ao cisalhamento longitudinal da madeira que corresponde: Angelim-pedra - 17,64 MPa, Jatobá - 15,7 MPa e Tauari - 10,2 Mpa.

As juntas coladas de topo apresentaram predominância de ruptura adesiva, já as juntas coladas biseladas de Jatobá apresentaram esmagamento, enquanto que as juntas coladas biseladas de Angelim-pedra e Tauari obtiveram ruptura por cisalhamento da madeira e as juntas coladas encaixadas apresentaram ruptura por cisalhamento de camada fina da superfície da madeira.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo foram apresentados os resultados de força máxima, tensão de ruptura e modos de ruptura das juntas coladas de topo, biselada e encaixada, com as madeiras Angelim-pedra, Jatobá e Tauari, como também a confirmação das

espécies das madeiras utilizadas. Realizando o processo de colagem e os ensaios de tração, pode-se verificar quanto aos resultados das propriedades mecânicas das juntas coladas, que a resistência da junta colada da madeira de menor densidade (Tauari), atingiu valores menores nas juntas coladas de topo e encaixadas, e a de maior densidade (Angelim-pedra) atingiu valores menores que o Jatobá, que também possui alta densidade, nas juntas de topo e encaixadas. De maneira geral esses valores foram inferiores aos esperados, pois de acordo com pesquisas, as madeiras de alta densidade são de difícil adesão e apresentam valores de resistência baixos.

Os resultados mostram que, quanto maiores forem às áreas de colagem das juntas, mais eficientes ficam as emendas, tomando como exemplo as juntas coladas biseladas. Diante dos resultados obtidos considera-se que a madeira jatobá combinou muito bem com este tipo de adesivo. Considerando que os resultados obtidos foram muito satisfatórios, sugere-se que para os próximos trabalhos sejam realizados ensaios com espécies que possuam características semelhantes ao Jatobá, para obtenção de valores de resistência para a utilização no desenvolvimento de projetos.

REFERÊNCIAS

- 1 Associação Brasileira de Normas Técnicas.NBR 7190: projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- 2 HUNT, G. M. Preservación de la madera. Barcelona, Salvat, 1962.
- 3 TSOUJIS, G. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.
- 4 SPERLING, L.H. "Introduction to Physical Polymer Science". 2a edition. Wiley Interscience Publication (1992).
- 5 IBDF / DPq - LPF.1988. Madeiras da Amazônia: Características e Utilização. Estação Experimental de Curuá-Una. Brasília. CNPq. Vol. II. 236p.
- 6 VEDACIT Empermeabilizante, Aditivo para concreto e materiais para recuperação; Disponível em <http://www.vedacit.com.br/> em 20 de abril de 2008.
- 7 ASTM 5573-94 - 94a, "Standard Practice for Classifying Failure Modes in Fiber-Reinforced-Plastic (FRP) Joints".
- 8 Camargo, J. A. A. et al. Catálogo de Árvores do Brasil. Brasília: IBAMA, 2001.
- 9 FREAS, A. D. (1950). Studies of the strength of glued laminated wood construction. *ASTM Bulletin*, Madison.,Wis., n. 170, p 48-59, Dec.
- 10 MACEDO, A. N.; JUNIOR, C. C. Estudo de Emendas Dentadas em Madeira Laminada Colada (MLC). Engenharia de Estrutura, São Carlos, n.7, p. 1-23, 1999.
- 11 MATTHIESEN, J. A. Estudo das emendas biselada em madeira laminada colada. In: Encontro Brasileiro em Madeira e em Estrutura de Madeira, 6, 1998, Florianópolis. Anais. UFSC; LEE, 1998. v.I,p. 345-356