



Usinagem da madeira de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*)

Adjenane Corrêa Taques¹ e Tatiana Paula Marques de Arruda¹

¹Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT. E-mail: tatianarruda@unemat.br (Autor correspondente).

Palavras-chave:

usinabilidade
madeira tropicais
fabricação de móveis

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar o comportamento da madeira de Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum* Ducke) submetida ao processo de usinagem. O estudo foi desenvolvido em uma marcenaria no município de Alta Floresta-MT. Foram selecionadas aleatoriamente 36 peças com dimensões de 150 cm x 13,5 cm x 2,5 cm, comprimento, largura e espessura respectivamente, para os testes de usinagem. Os testes desenvolvidos foram de acordo com os equipamentos de usinabilidade utilizados pela indústria moveleira, aplainamento, lixamento, broca e fendilhamento por prego. Foram selecionadas 8 peças de madeira aleatoriamente na pilha para determinação da umidade, de acordo com a Norma 7190 (ABNT, 1997). As notas utilizadas para avaliação dos defeitos provocados na madeira durante os processos de usinagem foram atribuídas conforme a ASTM D 1666 (1987). Observou-se que a espécie de Angelim pedra apresentou desempenho excelente nos testes de lixamento, sem risco na superfície das peças e no broqueamento peças isentas de defeitos, com queima da madeira. No teste de fendilhamento por prego teve um bom desempenho, pois apresentou rachaduras com a inserção do prego e no teste de aplainamento um desempenho regular, apresentando arrancamento de grã, arpejiamento da superfície e arrancamento de cavaco. A madeira de Angelim pedra responde com qualidade aos processos de usinagem no aplainamento, lixamento, broca e fendilhamento por prego.

Key words:

machinability
tropical wood
furniture making

Processing of the wood angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*)

ABSTRACT

This study aimed to verify the behavior of wood Angelim stone (*Hymenolobium petraeum* Ducke) submitted to the machining process. The study was developed in a carpentry shop in the city of Alta Floresta-MT. 36 boards with dimensions of 150 cm x 13.5 cm x 2.5 cm, length, width and thickness were randomly selected respectively for machining tests. The tests were developed according to the machinability of equipment used by the furniture industry, planing, sanding, drill and split by nail. 8 boards of wood in the stack were selected randomly to determine the moisture, according to 7190 (ABNT, 1997). The notes used for evaluation of defects resulting in the wood during the machining processes were assigned according to ASTM D 1666 (1987). It was observed that the type of angelim stone showed excellent performance in grinding tests, no scratch on the surface piece a of the burring parts and the parts free from defects, with the burning of wood. In cracking test for nail had a good performance, because it showed cracks with the insertion of the nail and planing test a regular performance, with pullout grain, surface arpejiamento and pullout chip. Wood Angelim stone responds with quality to the machining processes in planing, sanding, drill and split by nail.

Introdução

Para as indústrias de móveis o conhecimento das propriedades da madeira são fundamentais para garantir qualidade do produto final e otimização do uso da matéria prima, principalmente, quando se refere ao uso de espécies nativas da Amazônia, que apresentam diversidade em características tecnológicas. O conhecimento básico das

propriedades de uma espécie durante o processo de usinagem proporciona uso adequado, contribui para melhor aproveitamento da matéria prima, conseqüentemente menor desperdício de madeira. A avaliação da usinagem é de grande importância nas indústrias moveleiras, pois requer a transformação de peças rústicas em decorativas, o que agrega valor ao produto e melhora as qualidades de acabamento nas peças.

De acordo com Silva et al. (2005), quando a madeira é destinada à fabricação de móveis, assoalhos, esquadrias e outros usos que demandam alta qualidade da superfície, a usinagem bem executada melhora o seu desempenho perante os processos de acabamento superficial, tornando a operação economicamente adequada.

A usinagem da madeira inclui diversas operações, o aplainamento, o molduramento, o torneamento, o desengrosso, o despeno, o destopamento, o recorte, a furação, o lixamento dentre outros que requerem máquinas específicas, que podem ser manuais ou automáticas. Nesse contexto de usinagem para produção de móveis, a relação do comportamento da madeira com os equipamentos são relevantes para caracterizar o desempenho da matéria prima e máquina, quanto à qualidade do produto final.

Os estudos que verifiquem a qualidade de usinagem na fabricação de móveis com espécies nativas da Amazônia, são importantes para garantir melhor aproveitamento da matéria prima e melhorar a qualidade das peças trabalhadas, reduzindo desperdícios.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é verificar a qualidade das peças de Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*) no processo de usinagem para produção de móveis.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma indústria moveleira no município de Alta Floresta, extremo norte do Estado de Mato Grosso. A espécie selecionada, Agelim pedra (*Hymenolobium petraeum*) baseou-se na frequência de utilização pelas indústrias da região. As peças de madeira selecionada foram secas ao ar livre e armazenadas por aproximadamente três anos.

Na pilha de madeira foram selecionadas aleatoriamente 36 peças com dimensões de 150 cm x 13,5 cm x 2,5 cm, comprimento, largura e espessura respectivamente, para os testes de usinagem. Os testes desenvolvidos foram de acordo com os equipamentos de usinabilidade utilizados pela indústria moveleira. Foram selecionadas 8 peças de

madeira aleatoriamente na pilha para determinação da umidade, de acordo com a Norma 7190 (ABNT, 1997). As amostras determinadoras da umidade foram retiradas a 35 cm das extremidades, com dimensão de 5 cm de largura.

No ensaio de aplainamento, as amostras foram previamente destopadas, assumindo as dimensões de 119,5 cm x 13 cm x 2,5 cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente). A plaina utilizada foi a OMIL PLM de quatro faces, 6142 RPM, cabeçote porta-faca e faca calçada com metal duro e comprimento de 16,1 cm, 0,4 cm de espessura, velocidade de avanço de $8\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, durante o plainamento foi utilizado 2 faces de corte. As notas utilizadas para avaliação dos defeitos provocados na madeira durante os processos de usinagem foram atribuídas conforme a ASTM D: 1666 (1987).

Após a realização de cada teste, os corpos-de-prova foram avaliados segundo um critério de notas de 1 a 4, em que 1 significou amostras isentas de defeitos na superfície, e 4 significou severo os defeitos na superfície, em toda ou grande parte da peça, as demais notas foram dadas conforme a intensidade dos mesmos. As peças também foram classificadas quanto ao tipo de desvio de grã, grã direita, grã ondulada, grã reversa e grã inclinada.

Após o aplainamento as peças foram lixadas na lixadeira do tipo TECMATIC BLT 920, de esteira, com eixo de entrada de 2106 RPM e eixo de saída de 3500 RPM, com lixas largas de 50 e 120 grana. Somente uma face das amostras foram lixadas e os defeitos foram verificados pelo mesmo critério de nota de 1 a 4, em que, a nota 1, significou superfície isenta de defeitos, sendo as demais notas em função da intensidade do defeito.

Para o ensaio de broca foi utilizada a máquina OMIL FH 270 com 3440 RPM, adaptada a Norma ASTM D:1666 (1987), que recomenda 3600 RPM e 3 cavalo vapor (cv). Foi utilizada broca de 12 mm, com furos a 2 cm de distância da extremidade no sentido do comprimento, e furo a 2,5 cm da borda no sentido da largura. Neste ensaio, foram avaliados os defeitos provocados pela furação, adotando-se os mesmos critério de nota de 1 a 4, em que a nota 1, significou superfície isenta de defeitos e

nota 4, defeito severo em toda ou grande parte da peça.

No ensaio de fendilhamento por prego, foram utilizados pregos de 15 x 15 com 35mm de comprimento e 2mm de diâmetro. Foram introduzido 5 pregos a 10 mm de distância da extremidade no sentido do comprimento, e 0,26 mm de distância entre pregos. A avaliação foi feita pela presença ou ausência de rachaduras.

Resultados e Discussão

A umidade média observada para as peças de Angelim pedra ensaiadas no processo de usinagem foi de 13,29%. Com densidade básica variando de 0,95 a 1,00 g*cm⁻³ (FERREIRA & HOPKINS, 2004). Dias Júnior et al. (2014) avaliaram espécies nativas encontradas em serrarias em Angra dos reis – RJ nos processos de usinagem e verificaram que a umidade entre as espécies variaram de 13 a 17%. Ferreira (2011) observou umidade de equilíbrio para a madeira de angelim em 14,17%.

Os resultados obtidos no aplainamento em arracamento de grã e arrepiamento na superfície da peça, observou-se que 80,55% das peças aplainadas apresentaram arrepiamento de leve a médio na superfície da peça, essa porcentagem equivale a 29 peças das 36 analisadas. Sendo que, 5 peças apresentaram arrepiamento forte na superfície e 2 peças foram isentas de defeitos. O arrepiamento da

superfície da peça se deve a textura grossa e aspereza ao tato, próprio da característica da espécie. Já o arrancamento de grã ocorreu devido a orientação das grãs, que apresentaram-se desviadas ou inclinadas em relação ao eixo principal do tronco.

Na avaliação do tipo de desvio de grã no aplainamento observou-se que aproximadamente 67% das peças apresentaram desvio de grã do tipo reversa. De acordo com Burger & Richter (1991), esses tipos de grã apresentam-se orientados em diversas direções, o que dificulta a trabalhabilidade sob o aspecto estético, mas produz desenhos muito atraentes. Referindo-se em número de peças, 24 foram do tipo grã reversa, 5 peças com grã direita, a mais apreciada para usinagem e com melhores características de qualidades tecnológicas, 4 peças com grã ondulada, apresenta-se como uma linha sinuosa e 3 peças com grã inclinada. Entende-se que essa diversidade em tipos de grã na madeira de Angelim pedra pode ser em função da origem de diferentes regiões, em que essas características são muito influenciadas pelo local de desenvolvimento do vegetal. Porém, observa-se que a maioria das peças apresentaram grã reversa e direita. Conforme, Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (1983) a madeira de Angelim pedra possui grã direita à reversa. A Figura 1 ilustra o aplainamento das peças de Angelim pedra.



Figura 1. Aplainamento da madeira de Angelim pedra em teste de usinagem (A); Detalhes do tipo da grã reversa (B).

Tabela 1. Resultados obtidos para a espécie de Angelim pedra no teste de broca.

Defeitos analisados	Defeitos observados	Número de peças
Queima da madeira		
Nota 1	Isenta de defeitos	36
Nota 2	Leve, pequena parte	0
Nota 3	Média, metade da peça	0
Nota 4	Severa, toda ou grande parte	0
Arrancamento de grã		
Nota 1	Isenta de defeitos	0
Nota 2	Leve, pequena parte	15
Nota 3	Média, metade da peça	21
Nota 4	Severa, toda ou grande parte	0
Grã felpuda		
Nota 1	Isenta de defeitos	36
Nota 2	Leve, pequena parte	0
Nota 3	Média, metade da peça	0
Nota 4	Severa, toda ou grande parte	0
Esmagamento de grã		
Nota 1	Isenta de defeitos	31
Nota 2	Leve, pequena parte	4
Nota 3	Média, metade da peça	1
Nota 4	Severa, toda ou grande parte	0

Na avaliação de arrancamento de cavacos, observou-se que 31 das peças aplainadas não apresentaram esse tipo de defeitos, somente em 4 peças observou-se arrancamento de cavalos leves com marcas suaves. Nas três avaliações no aplainamento observou-se que a espécie apresentou superfície áspera; elementos axiais com desvios em relação ao eixo principal do tronco e resistência ao corte.

No teste de lixamento a maior parte das peças avaliadas o equivalente a 32 peças foram isentas de riscamento na superfície, as demais peças apresentaram riscamento de superfície leve, em pequena parte da peça. Talvez devido a resistência ao corte, as peças não apresentaram maior proporção de riscamento de superfície. No teste de grã felpuda com o uso de lixa de 120 grana no eixo de entrada da peça e 50 grana no eixo de saída da peça na lixadeira, a maioria das peças, ou seja, 32 peças não apresentaram grã felpuda, já as 4 outras peças apresentaram grã felpuda leve em pequena parte da peça. Observa-se que as peças com riscamento na

superfície foram as que apresentaram também grã felpuda, as demais insetas de defeitos no processo de lixamento.

Os resultados obtidos no teste de broca estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que no defeito analisado como queima da madeira, 100% das amostras se apresentaram isentas de defeitos; este fato, se deve ao bom afiamento dos equipamentos e a resistência da madeira de angelim pedra.

No teste de broca observou-se que os defeitos ocorridos foram o arrancamento de grã, com intensidade de média a leve, com maior número de peças 21 tábuas com arrancamento de grã na intensidade média em metade da peça. As outras 15 tábuas apresentaram arrancamento de grã na intensidade leve em pequena parte da peça (Figura 2).

A presença desse tipo de defeito é decorrente do tipo da grã reversa que a madeira de angelim pedra apresenta. A perfuração da broca no sentido perpendicular dos elementos anatômicos, aliada ao tipo de grã reversa, influenciou em maior arrancamento de grã na perfuração. Silva et al.

(2007), observaram em madeiras de *Eucalyptus* que a ferramenta cortante por meio de seu gume ataca a seção do diâmetro da fibra (corte 90°-90°) normalmente gerando superfícies mais ásperas com qualidade inferior. A qualidade final de um produto relaciona-se com as operações de usinagem e com a estrutura física e anatômica da madeira. Em qualquer operação de usinagem as fibras da madeira são arrancadas e, raramente, cortadas. Este efeito pode ser explicado pela grande dimensão dos gumes de corte das ferramentas em relação às dimensões das fibras (VENSON, 2015).

O esmagamento de grã (Figura 3) foi outro defeito apresentado no teste de broca, em menor proporção, somente em 4 tábuas, com intensidade leve em pequena parte da peça. Silva et al. (2007) recomendaram que para minimizar os efeitos de arrancamentos de grã frente à moldura de topo e furação, que apresentam características semelhantes aos esforços de corte frente à disposição das fibras, deve-se utilizar velocidades de corte mais altas, que facilitam as incisões das grãs. Porém, seria importante exercer um balanço com a velocidade de

corte para não ocorrer queima da superfície, com escurecimentos o que depreciaria a qualidade da matéria prima.

A dureza, o aspecto fibroso, grã reversa são alguns fatores que contribuíram para o arrancamento e esmagamento de grã. Enquanto que para grã felpuda foi isenta de defeitos, caracterizando boa afiação das ferramentas cortantes da indústria. De acordo com Lucas Filho (2004) para a melhoria dos resultados de furação, a velocidade de corte e a densidade da madeira são as principais variáveis a serem observadas para a melhoria do processo.

Observou-se que a maioria das tábuas avaliadas não apresentaram rachaduras com o teste de prego, porém, 12 tábuas apresentaram rachaduras (Figura 4). Isso ocorre devido à espécie apresentar uma estrutura rígida e densa. De acordo com Ferreira & Hopkins (2004) o angelim pedra apresenta trabalhabilidade regular e aceita prego. Dias Júnior et al. (2014) encontraram o mesmo resultado para a madeira de angelim, aceitação de prego.

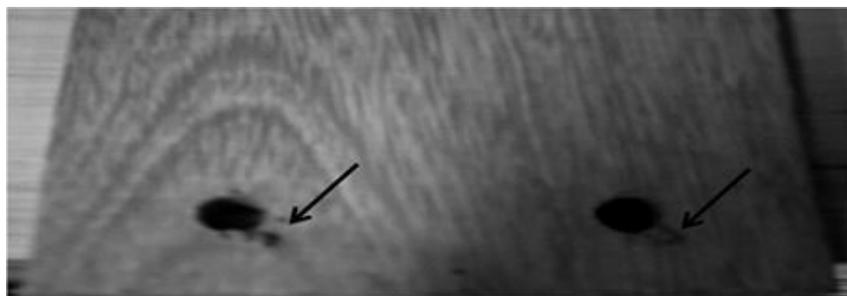


Figura 2. Arrancamento de grã na furação

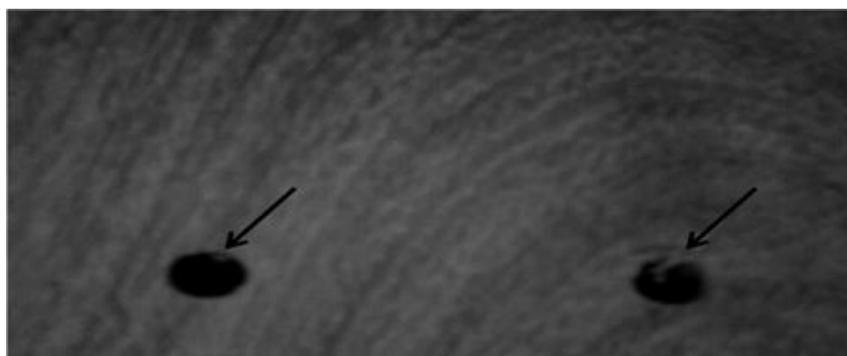


Figura 3. Esmagamento de grã na furação



Figura 4. Presença de rachadura no fendilhamento por prego

Tabela 2. Resultados de usinagem para a espécie de Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*).

Descrição	Plaina	Lixa	Broca	Fendilhamento por prego
Peças sem defeitos (%)	35	89	94	67
Acabamento superficial	Regular	Excelente	Excelente	Bom
Defeitos	Arrancamento de grã, arrepimento da superfície, desvio de grã e arrancamento de cavacos	Riscamento de superfície e grã felpuda	Queima da madeira, grã felpuda, arrancamento e esmagamento de grã	Rachadura

O resumo dos testes de aplainamento, lixamento, broqueamento e fendilhamento por prego, estão representados na Tabela 2. Observou-se que a madeira de angelim pedra apresentou comportamento excelente nos teste de lixamento e broca. Acredita-se que nesses testes a eficiência na afiação dos equipamentos foram precisos, garantindo qualidade na usinagem.

No teste de fendilhamento por prego as amostras de angelim pedra apresentaram comportamento bom, ou seja, aceita prego. Embora apresenta densidade média a alta (FERREIRA & HOPKINS, 2004; SOUZA et al., 2002). Já no teste de aplainamento foi o que apresentou menor número de peças sem defeitos. O tipo da grã reversa, característica intrínseca da espécie, influenciou no número de tábuas com arrancamento de grã, arrepimento de superfície, arrancamento de cavacos.

Dias Júnior et al. (2014) observaram resultados semelhantes para a madeira de angelim, nos teste de

aplainamento, lixamento, furação e fendilhamento por prego, baixa intensidade de defeitos como arrancamento de grã e grã felpuda. De acordo com o IBAMA (1997) a madeira de angelim pedra é fácil de trabalhar, apresenta acabamento regular a bom na plaina e broca. Já nos estudos realizados pelo INPA (1991) a madeira de angelim pedra foi considerada, moderadamente fácil de serrar e aplainar, fácil de pregar e parafusar, e permite acabamento satisfatório.

Conclusões

A madeira de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*) responde com qualidade aos processos de usinagem no aplainamento, lixamento, broca e fendilhamento por prego, para confecção de móveis maciços com bom acabamento superficial, mostrando uma espécie de potencial para produção de produtos que requerem elevada qualidade em sua usinagem.

Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1666-87 Standard Method for conducting machining tests of wood and wood base materials (reapproved 1994)**. Philadelphia. p. 226 – 245. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.
- BURGER, L.M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 180p.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, A. M.; SANTOS, P. V. dos.; SILVA, M. A. da. Usinagem da madeira de cinco espécies nativas brasileiras. *REGET*, v.18, n.3, p1200-1206, 2014.
- FERREIRA, G. C.; HOPKINS, M. J. G. Manual de identificação botânica e anatômica – Angelim. EMBRAPA. 2004. 110p.
- FERREIRA, J. J. Ensaio de torneamento em diferentes espécies nativas brasileiras. 2011. 30f. Monografia (Curso Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Madeiras tropicais brasileira**. Brasília: IBAMA-LPF, 1997^a, 152p.
- INSTITUTO DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA. **Catálogo das madeiras da Amazônia: características e utilização – Área da hidrelétrica da Balbina**. Manaus: INPA, 1991, 163p.
- INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**, São Paulo, IPT, 1983. 241p.
- LUCAS FILHO, F. C. Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústria de móveis. 2004. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SILVA, J. R. M. da.; MUÑIZ, G. I. B. de; LIMA, J. T.; BONDUELLE, A. F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.3, p 479-487, 2005.
- SILVA, J.R. M. da.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F. Usinagem da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes regiões da medula à casca. *Cerne*, Lavras-MG, v.13, n.1, p 25-31. 2007.
- SOUZA, M. H. de.; SOUZA, M. M. M. CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras tropicais brasileiras**. 2 ed, ver. Brasília: Edições IBAMA, 2002. 152p.