



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LUIS GUSTAVO CASTRO SALOMONE

**ENSAIOS DE USINAGEM EM AMOSTRAS DA MADEIRA
DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS**

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Dezembro-2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LUIS GUSTAVO CASTRO SALOMONE

**ENSAIOS DE USINAGEM EM AMOSTRAS DA MADEIRA
DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

Seropédica, RJ
Dezembro-2011

**ENSAIOS DE USINAGEM EM AMOSTRAS DA MADEIRA
DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS**

Monografia aprovada em 07 de dezembro de 2011.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
DPF/IF/UFRRJ
Orientador

Prof^a. M.Sc. Natália Dias de Souza
DPF/IF/UFRRJ
Membro

M.Sc. Elaine Ferreira Avelino
DPF/IF/UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que desde Junho de 2006 me guia nessa caminhada.

Aos meus pais, Arnaldo Ricardo Bonin Salomone e Nilcy Maria Ribeiro Castro, pela paciência, amor infinito e suporte dado durante toda minha jornada.

A minhas irmãs, Ana Letícia Castro Salomone e Isabela Castro Salomone, que apesar das diferenças, no momento em que precisei estiveram ao meu lado.

Agradeço aos meus familiares, minhas Avós Nilcy e Zeyr e meus avôs Odélio e Arnaldo que olham por mim lá de cima. Meus Tios e Tias, meus primos e primas, pessoas importantes durante todas as fases de minha vida.

Compartilho esse momento com duas pequenas irmãs, Livia e Eduarda, os amores do irmão, que talvez hoje sejam as duas pessoas com a maior facilidade de me fazer sorrir.

A uma pessoa importante, que me ajudou durante esses anos que estive aqui e merece essa homenagem, Thamires, foi companheira, amiga e conselheira.

Aos amigos que ganhei ao longo dessa jornada acadêmica, os quais nunca negaram um pedido meu.

Ao pessoal do condomínio Rural, rapaziada alegre, que durante toda minha vida acadêmica foram minha família, me apoiando sempre, seja para festividade ou para estudar.

Ao meu orientador Alexandre Monteiro de Carvalho, que aceitou o desafio prontamente e esteve sempre disposto a me ajudar!

Obrigado Rural...

RESUMO

O estudo de espécies nativas é de fundamental importância para o setor moveleiro, para que consigamos melhor aproveitamento da matéria-prima, com melhor qualidade no produto de madeira maciça e custo reduzido.

No presente trabalho visou-se comparar ensaios de usinagem em amostras de madeira de cinco espécies nativas do Brasil, avaliando os resultados para cada ensaio realizado de acordo com as normas e procedimentos pré-definidos e comparando-os entre si. Foram avaliadas dez amostras de madeira, sendo duas de cada espécie estudada (Angelim, Cedro, Canela, Ipê e Muiracatiara), com dimensões de 30cm x 12cm x 1,5cm, obtidas em uma marcenaria localizada no bairro do Perequê, município de Angra dos Reis, estado do Rio de Janeiro. Todas as avaliações feitas seguiram os procedimentos descritos na norma americana ASTM D-1666-87. Os ensaios de usinagem realizados foram: furação para cavilha e dobradiça, teste de plaina (aplainamento), teste de lixa (lixamento), fendilhamento por pregos e rasgo lateral. Nos testes de usinagem, a Muiracatiara apresentou o melhor resultado final dentre todas as espécies, demonstrando grande aptidão para o setor moveleiro, enquanto o Cedro apresentou o resultado menos satisfatório, evidenciando uma relação direta da densidade da madeira com os resultados obtidos.

Palavras-chave: usinagem, densidade, madeira nativa, trabalhabilidade da madeira

ABSTRACT

The study of native species is of fundamental importance for the furniture sector, so that we can better use of raw materials, better product quality solid wood and reduced cost. In the present study aimed to compare machining tests on samples of wood from five species native to Brazil, evaluating the results for each test conducted in accordance with the rules and pre-defined procedures and comparing them with each other. We evaluated ten samples of wood, two of each species studied (Angelim, Cedar, Cinnamon, and Ipe Muiracatiara), with dimensions of 30cm x 12cm x 1.5 cm, obtained in a carpentry shop in the district Perequê, city of Angra dos Reis, state of Rio de Janeiro. All assessments made following the procedures described in the American standard ASTM D 1666-87. The machining tests were performed: for drilling and hinge pin, test planing (smoothing), testing of sandpaper (sanding), splitting nails and a lateral tear. In the machining tests, the Muiracatiara had the best outcome among all species, showing great aptitude for the furniture sector, while the cedar showed less satisfactory results, showing a direct relationship of wood density with the results.

Key-words: machining, density, woodworking, native wood

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivo específico.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1 Usinagem da madeira.....	2
3.2 Sobre as espécies estudadas.....	3
3.3 Indústria moveleira no Brasil.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1 Material.....	6
4.2 Metodologia.....	7
4.2.1 Testes de usinagem.....	8
4.2.1.1 Teste da lixa.....	8
4.2.1.2 Teste da plaina.....	8
4.2.1.3 Teste de furação.....	9
4.2.1.4 Teste do rasgo.....	11
4.2.1.5 Teste do fendilhamento por pregos.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5.1 Teor de umidade e densidade aparente.....	13

5.2 Teste da lixa.....	13
5.3 Teste da plaina.....	14
5.4 Teste de furação para cavilha.....	14
5.5 Teste de furação para dobradiça.....	15
5.6 Teste do rasgo.....	16
5.7 Fendilhamento por pregos.....	17
5.8 Média dos resultados.....	17
6. CONCLUSÕES.....	18
7. RECOMENDAÇÕES.....	19
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais defeitos apresentados na usinagem da madeira (Grã riscada).....	7
Figura 2. Principais defeitos apresentados na usinagem da madeira (Grã felpuda).....	7
Figura 3. Principais defeitos apresentados na usinagem da madeira (Grã arrancada).....	7
Figura 4. Principais defeitos apresentados na usinagem da madeira (Marcas de cavaco).....	7
Figura 5. Esquema dos cortes de desempenho em oposição e concordância.....	9
Figura 6. Exemplo de realização do aplainamento das amostras.....	9
Figura 7. Teste de furação.....	10
Figura 8. Detalhe da realização do teste do rasgo.....	11
Figura 9. Fendilhamento por pregos.....	12
Figura 10. Detalhe do teste de furação para cavilha no Cedro.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados médios dos teores de umidade e da densidade aparente das sub-amostras confeccionadas para cada espécie avaliada.....	13
Tabela 2. Resultados das avaliações das amostras após o teste de lixa.....	13
Tabela 3. Resultados das avaliações das amostras após o teste da plaina.....	14
Tabela 4. Resultados das avaliações das amostras após o teste de furação para cavilha.....	15
Tabela 5. Resultados das avaliações das amostras após o teste de furação para dobradiça.....	16
Tabela 6. Resultados das avaliações das amostras após o teste do rasgo.....	16
Tabela 7. Resultados das avaliações das amostras após o teste do fendilhamento por pregos.....	17
Tabela 8. Média dos resultados das avaliações das espécies.....	18

1. INTRODUÇÃO

A madeira, em função das suas características físicas e mecânicas, facilidade de ser transformada por equipamentos simples e com baixo consumo energético, aspecto decorativo (com variações de cores e desenhos que atendem aos mais diversos projetos), somada a sensação de conforto que ela transmite ao usuário nos ambientes em que é empregada, torna-se um material bastante competitivo em relação aos outros materiais na fabricação de móveis.

Adicionalmente, a característica que destaca a madeira dos demais materiais é a possibilidade de sua produção sustentada e com significativa absorção de CO₂, tornando-a um material extremamente atraente sob o ponto de vista ambiental.

A fabricação de móveis, ainda hoje está relacionada com o uso de madeiras nobres, sendo estas principalmente de origem nativa, ocasionando o principal aspecto negativo na produção de móveis em nosso país, a exploração ilegal e depredatória de nossas florestas.

Devido às crescentes restrições de caráter ambiental ao uso de madeiras de lei, tem aumentado muito a importância, no comércio internacional, das madeiras de reflorestamento como o Pínus e o Eucalipto, principalmente na produção de painéis e chapas de madeira. Podemos considerar que futuro da indústria de móveis reside no uso crescente dessas madeiras, ou seja, a antiga vantagem comparativa representada pelas florestas naturais torna-se cada vez mais ineficaz em um mundo extremamente preocupado com questões de meio ambiente.

Segundo Szachnowiczs (2006), as empresas dos segmentos de chapas e painéis de madeira, possuem 10% das florestas plantadas no Brasil e o consumo desses materiais crescem mais que o PIB brasileiro, o que demonstra a grande aceitação do produto pelo mercado consumidor.

No entanto, os móveis produzidos a partir de madeira nativa possuem maior valor agregado, tendo grande aceitação do mercado externo e maior participação no PIB nacional do que os móveis a partir de florestas plantadas.

O setor moveleiro nacional avançou muito nos últimos anos e hoje sua produtividade, em alguns segmentos, já se aproxima dos níveis internacionais. A abertura comercial e a globalização das atividades econômicas têm introduzido novas formas de cooperação entre as empresas, como o licenciamento de produtos, “joint ventures”, dentre outras.

Com a abertura de mercado, muitas empresas nacionais estão recorrendo ao licenciamento de produtos estrangeiros como forma de modernizar suas instalações industriais, ou seja, a partir do produto projeta-se o layout necessário. Outras procuraram terceirizar etapas do processo produtivo como forma de reduzir custos e enfrentar a concorrência externa. Neste novo ambiente de abertura comercial e de intensa competitividade, a indústria brasileira de móveis tem revelado uma grande capacidade empresarial de adaptação.

Segundo Lima (199-) citado por Silva (2002), usinar a madeira não é somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto as dimensões e a qualidade da superfície.

Assim sendo, ainda hoje o estudo de madeiras nativas destinadas ao segmento moveleiro é de fundamental importância para o setor, para que consigamos um melhor aproveitamento da matéria-prima, com melhor qualidade no produto de madeira maciça, custo reduzido e avanço no manejo sustentável.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes processos de usinagem em cinco espécies de madeira nativa, analisando-as segundo procedimentos normativos orientados por metodologias do Laboratório de Produtos Florestais - LPF do IBAMA, tendo como principal finalidade a utilização dessas madeiras no mercado moveleiro, de esquadrias e pisos.

2.2. Objetivo Específico

O objetivo específico deste trabalho foi realizar a análise de densidade aparente e umidade das espécies, avaliando-as em relação aos testes de usinagem.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Usinagem da madeira

Segundo Lima (199-) citado por Silva (2002) o objetivo de usinar a madeira não é somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto possível.

Para se conhecer a trabalhabilidade de cada tipo de madeira é preciso conhecer a interação de suas propriedades com os parâmetros de usinagem (SILVA et al., 2005). Com o objetivo de aumentar a competitividade dos produtos madeireiros do Brasil muitos estudos estão sendo direcionados para a melhoria dos processos de usinagem da madeira como forma de promover melhorias no sistema produtivo, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência dos produtos.

Segundo Silva (1996), a utilização de novas espécies para fabricação de produtos provenientes da madeira passa pelo conhecimento da melhor forma de utilizar a madeira, justificando assim o estudo de sua usinagem. Os principais defeitos encontrados na usinagem da madeira estão ligados a:

- Variações das propriedades da madeira;
- Condições das máquinas: relacionadas diretamente ao desgaste dos componentes, alterando seu funcionamento. Os aspectos a serem considerados são a manutenção, o balanceamento e o alinhamento dos suportes das ferramentas;
- Ferramentas de corte: estado de conservação do gume de corte e escolha da ferramenta adequada;
- Treinamento do operador: regulagem e ajuste correto das máquinas é função do grau de conhecimento do operador sobre todas as regulagens existentes que afetam diretamente a qualidade da superfície usinada (SILVA,1996, citado por SILVA, 2002).

Segundo Bet (1999) citado por Silva (2002), as condições como tipo de máquina utilizada, desgaste da ferramenta, vibrações indesejadas, parâmetros de usinagem empregados e até mesmo o operador da máquina refletem de alguma maneira na geometria da superfície. Todo esse conjunto de informações fornece uma ferramenta muito útil para o controle de qualidade do processo de fabricação.

3.2. Sobre as espécies estudadas

. Angelim

O angelim é uma árvore de origem nativa, com ocorrência nos Estados da Bahia, Minas Gerais até o Paraná, principalmente na floresta latifoliada semidecídua. Possui madeira relativamente pesada, dura, resistente e de longa durabilidade mesmo em ambientes externos.

A espécie é muito utilizada na decoração, sendo própria para acabamentos internos em construção civil, como rodapés, molduras, portas, batentes, lambris, lâminas faqueadas decorativas ou para usos externos como postes, moirões, estacas, etc. (LORENZI, 2002)

Os frutos são avidamente consumidos por morcegos e outras espécies da fauna. As árvores possuem copa frondosa, baixa, que proporciona ótima sombra, podendo ser empregada para arborização urbana. É uma planta pioneira rústica, sendo ótima para inclusão em plantios mistos destinados a recomposição de áreas degradadas de preservação. É uma árvore de grande porte, com altura entre 14 e 18 metros e diâmetro de fuste entre 40 e 50 centímetros. (LORENZI, 2002)

As principais espécies de angelim existentes no Brasil e utilizadas industrialmente são *Andira anthelmia* (Vell.) J.F. Macbr.(Angelim-pedra) e *Andira fraxinifolia* Benth.(Angelim-doce). (LORENZI, 2002)

. Canela

A canela é uma árvore de ocorrência nos Estados da Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, na mata pluvial atlântica. Sua madeira é moderadamente pesada (densidade 0,56g/cm³), dura, aromática, de textura média, grã inclinada, resistente e bastante durável. (LORENZI, 2002)

A madeira da canela é indicada para construção civil, como caibros, vigamentos, ripas, tabuado para divisórias, marcos para portas, para o fabrico de móveis, esquadrias, etc. As árvores possuem copa vistosa e ornamental, podendo ser utilizada na arborização urbana. Também é indicada para reflorestamentos visando à recuperação de áreas incultas. Seu fuste é ereto e cilíndrico, de 30 a 50 centímetros de diâmetro, com casca externa fina e quase lisa, podendo atingir alturas entre 10 e 20 metros. (LORENZI, 2002)

As principais espécies de canela existentes no Brasil e utilizadas industrialmente são *Endlicheria paniculata* (Spreng.) J.F.Macbr (Canela-do-brejo), *Cinammomum stenophyllum* (Meisn.) Karst.(Canela Vassoura) e *Aniba firmula* (Nees & Mart.) Mez (Canela-rosa). (LORENZI, 2002)

. Cedro

O cedro apresenta árvores de ocorrência em todo o país, porém, com maior intensidade nos Estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais, principalmente nas florestas semidecídua e pluvial atlântica. (LORENZI, 2002)

A madeira do cedro é considerada leve a moderadamente pesada (densidade média de $0,55\text{g/cm}^3$), macia ao corte e notavelmente durável em ambiente seco. Quando enterrada ou submersa apodrece rapidamente. O alburno é branco ou rosado, distinto do cerne. É largamente empregada em compensados, esculturas e obras de talha, modelos e molduras, esquadrias, móveis em geral, marcenaria, na construção civil, naval e aeronáutica, na confecção de pequenas caixas, lápis e instrumentos musicais, etc. (LORENZI, 2002)

As árvores de cedro são também largamente empregadas no paisagismo. Não deve faltar na composição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas para preservação. Nunca deve ser plantada em agrupamentos homogêneos, devido ao ataque da broca. Pode atingir altura de 35 metros e diâmetro do fuste de 90 centímetros. (LORENZI, 2002)

A principal espécie de cedro existente no Brasil e utilizada industrialmente é *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro). (LORENZI, 2002)

. Ipê

O ipê é representado por árvores de grande valor paisagístico, com ocorrência nos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, na floresta semidecídua de altitude. (LORENZI, 2002)

A madeira de ipê é pesada, dura, compacta, de longa durabilidade mesmo sob condições favoráveis ao apodrecimento. É própria para obras externas, como dormentes, pontes, moirões, vigas, eixo de rodas de carroças, rolos de moendas, tacos e tábuas para assoalho, para confecção de tonéis, varais de carroças, dentes de engrenagem e para marcenaria e carpintaria em geral. (LORENZI, 2002)

As árvores de ipê são extremamente ornamentais, tanto pelo exuberante florescimento como pela folhagem prateada quando recém brotada. Sua altura varia entre 20 e 30 metros e o fuste possui entre 40 e 60 centímetros de diâmetro. (LORENZI, 2002)

As principais espécies de ipê existentes no Brasil e utilizadas industrialmente são a *Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith (Ipê-amarelo), *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f.ex S. Moore (Ipê-amarelo-do-cerrado) e *Tabebuia avellanadae* Lorentz ex Griseb. (Ipê-roxo). (LORENZI, 2002)

. Muiracatiara

A muiracatiara apresenta árvores com madeira de cerne de castanho-avermelhado com faixas castanho-escuro em sentido vertical, de espaçamento variável com figuras bem distintas, elevando seu valor decorativo.

A espécie apresenta grã regular, textura média, cheiro e gosto imperceptíveis. Sua madeira é pesada, de alta resistência mecânica e baixa retratibilidade. A madeira de muiracatiara costuma ser fácil de trabalhar e propicia excelente acabamento. Recebe bem

pintura, verniz, lustro e emassamento. É indicada para carpintaria e marcenaria em geral; em construção civil como vigas, caibros, ripas, tacos e tábuas de assoalho, marcos ou batentes de portas e janelas, esquadrias, caixilhos, forros, lambris, cabos de ferramentas e implementos agrícolas, móveis de luxo, etc.

A principal espécie de muiracatiara existente no Brasil e utilizada industrialmente é a *Astronium lecointei* Ducke (Muiracatiara), como visto em sites comerciais da internet e lojas especializadas.

3.3. Indústria moveleira no Brasil

No início da década de 1990 a economia brasileira iniciou-se num processo de transição de uma fase protecionista, caracterizada pela forte presença das reservas de mercado, para outra liberal, caracterizada pela ampla abertura comercial.

Esse processo, que teve o objetivo de criar condições para a modernização da indústria brasileira, expondo-a a livre concorrência com indústrias estrangeiras, teve uma repercussão muito grande sobre as empresas nacionais, que, até então, estavam acostumadas ao protecionismo estatal.

Muitas, inclusive, não resistiram às mudanças e faliram. Porém, se a abertura comercial da economia do país fez as firmas nacionais perder parte de seu mercado interno sob um ponto de vista, também as fez modernizar seus equipamentos e mecanismos produtivos sob outro, ficando elas aptas para participar da intensa concorrência do mercado internacional. Assim foi o caso particular da indústria moveleira nacional, que, até o fim da década de 1980, direcionava quase toda a sua produção para o mercado interno (BERNARDES, 2004, p. 12).

A entrada de empresas de outras nacionalidades no país, com a instalação de suas filiais, e a retração do mercado nacional, conseqüente da recessão interna por que passava a economia brasileira na época, pressionaram as firmas moveleiras nacionais a se reorganizar e a se reestruturar, visando à adequação aos padrões de competitividade do mercado internacional e à conquista de uma participação efetivamente maior nele.

Portanto, vale salientar a abertura de grandes mercados consumidores de produtos mobiliários no exterior, como os Estados Unidos, e a competitividade revelada pelos rendimentos de escala da indústria em países mais distantes, como a China, que se apresenta como a principal concorrente mundial do setor atualmente. (PROBST PEREIRA, 2009)

Passado o “choque” inicial causado pela ampla abertura comercial, faz-se uma análise dos resultados da produção e do comércio da indústria moveleira nacional e verifica-se que, além de terem resistido ao período de “turbulência” econômica do país, muitas das empresas brasileiras do setor sucederam-se bem, principalmente as que se lançaram ao mercado internacional. Segundo informações do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, órgão do governo federal, a taxa média de crescimento das receitas dessa indústria decorrentes do comércio exterior foi, nos últimos dez anos, de quase 19% ao ano, superior às verificadas em outras demais indústrias tradicionais e dinâmicas do Brasil.

Os ganhos das exportações, que não passavam de cerca de US\$ 47,5 milhões em 1989, cresceram para a carreira dos US\$ 972 milhões ao fim de 2008. Esses bons resultados atraíram para o setor industrial a atenção de diversos setores governamentais, que viam

possibilidades de crescimento econômico da indústria com geração de renda e ampliação da oferta de vagas de emprego.

A Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (Abimóvel) tem realizado, com apoio do governo federal, através do Programa Brasileiro de Incremento à Exportação de Móveis (Promóvel), e do Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva de Madeira e Móveis, um trabalho intenso de pesquisa de grande parte dos problemas que afetam o setor.

Na disputa do comércio mundial, o estado de Santa Catarina tem maior destaque porque é justamente onde se localiza o mais importante pólo industrial moveleiro exportador, formado pelas cidades de São Bento do Sul, do Rio Negrinho e de Campo Alegre, as quais responderam, juntas, por aproximadamente 38% das receitas das exportações mobiliárias do país em 2006, segundo informação da Abimóvel.

Porém, ainda que a indústria nacional, em toda a sua generalidade, tenha conquistado a sua importante participação no mercado internacional, há muitos problemas a ser enfrentados para que esta seja mantida e ampliada.

Além das incertezas do mercado externo, sejam por questões políticas ou ambientais, há de se considerar os efeitos do processo de globalização comercial sobre o mercado interno, por se tratar de um processo que “[...] induz a abertura de mercados nacionais à concorrência internacional pela eliminação de barreiras alfandegárias e dos obstáculos de outras naturezas, formando um espaço comum de competição.” (CUNHA, 1997, p. 29).

Assim, o conhecimento da indústria e das características da oferta e da demanda de seus bens, bem como dos fatores determinantes do sucesso das exportações, pode servir de auxílio para a formulação de políticas e estratégias que visem à obtenção de melhores condições de competitividade no mercado internacional.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Material

No presente trabalho foram utilizadas peças de madeira de cinco espécies nativas. As peças foram obtidas em uma marcenaria, localizada no bairro Perequê, pertencente ao município de Angra dos Reis. As espécies coletadas foram o Angelim, a Canela, o Cedro, o Ipê e a Muiracatiara, não sendo possível definir cientificamente as características de cada exemplar.

As amostras foram levadas para a marcenaria do Laboratório de Processamento de Madeiras, do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, onde foram retrabalhadas para obtenção de corpos-de-prova com dimensões padrão de 30cm x 12cm x 2,5cm.

Para cada espécie foram confeccionados corpos-de-prova em duplicata, totalizando dez amostras.

4.2. Metodologia

As amostras beneficiadas na marcenaria foram utilizadas para a condução dos testes de usinagem da lixa, plaina, furação para cavilha e dobradiça e fendilhamento por pregos, seguindo os procedimentos descritos na publicação “Madeiras da Amazônia – características e utilizações”, do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA (1997), o qual apresenta metodologias adaptadas da norma americana ASTM D-1666-87.

Após a realização de cada teste os corpos-de-prova foram avaliados segundo um critério de notas de 1 a 5, onde 1 significou amostras sem defeitos e as demais notas foram dadas conforme a intensidade dos mesmos.

As peças foram classificadas quanto à presença ou ausência de defeitos.

A avaliação foi realizada de forma visual, baseando-se na sensibilidade do observador, que comparou as peças com imagens fotográficas existentes na norma ASTM D-1666-87, que serve como parâmetro de avaliação dos resultados obtidos. Também foi utilizado na avaliação um documento com imagens de todos os possíveis defeitos encontrados em peças de madeira após ensaios de usinagem, disponibilizado pelo Laboratório de Processamento de Madeiras – LPM/DPF/IF/UFRRJ. Nas figuras 1, 2, 3,4 encontram-se os possíveis defeitos encontrados na superfície das peças analisadas.

Como forma de caracterização do material e complementação dos resultados, foram realizadas em paralelo aos ensaios, as determinações dos teores de umidade e densidade aparente das peças. Estes ensaios foram realizados a partir de duas sub-amostras de cada espécie confeccionadas com dimensões de 2cm x 3cm x 5cm.

Na determinação da umidade e densidade aparente foram utilizados os procedimentos descritos no Anexo B do documento normativo ABNT NBR 7190:1997 “Projeto de estruturas de madeira”.

Os principais defeitos de usinagem das peças avaliados são apresentados nas Figuras 1,2,3,4.

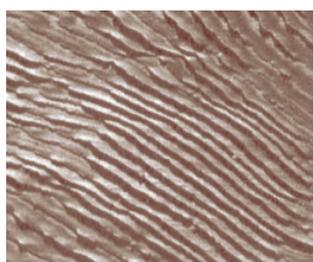


Figura 1. Grã Riscada



Figura 2. Grã Felpuda



Figura 3. Grã Arrancada

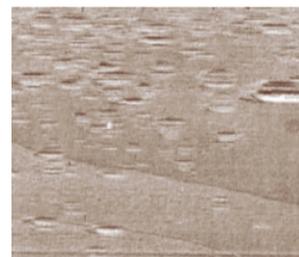


Figura 4. Marcas de Cavaco

4.2.1 Testes de usinagem

4.2.1.1 Teste de lixa

O teste de lixa foi realizado em uma lixadeira de esteira que possui 2,70m entre a roda motriz e a roda guia, com lixa de grão 100.

O teste de lixa foi feito na face oposta a que foi destinada ao teste de plaina, sendo a superfície da madeira lixada por 20 segundos.

Neste teste foi avaliado o riscamento de superfície e grã felpuda, onde foram atribuídas notas conforme o detalhamento a seguir:

Nota 1 (excelente):	superfície sem defeitos;
Nota 2 (boa):	superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;
Nota 3 (regular):	presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça;
Nota 4 (ruim):	presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça;
Nota 5 (muito ruim):	presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da peça.

4.2.1.2. Teste de plaina

Neste ensaio foi avaliada a presença de quatro diferentes defeitos: marcas de cavaco, grã arrancada, grã felpuda e grã levantada, após a passagem das amostras em uma plaina desempenadeira, de duas facas, frequência de rotação do eixo de 2600 min^{-1} , e espessura de corte foi de aproximadamente 1,6 mm.

Para este ensaio específico, as notas descritas atribuídas foram as seguintes:

Nota 1 (excelente):	superfície isenta de quaisquer defeitos;
Nota 2 (boa):	presença de defeitos leves em até metade da peça;
Nota 3 (regular):	presença de defeitos médios, ou leves na maior parte da peça;
Nota 4 (ruim):	presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes;
Nota 5 (muito ruim):	presença de defeitos fortes na maior parte da peça.

Ao longo do teste de plaina foram realizadas duas operações de desempenho, uma em “oposição” e outra em “concordância”, considerando a movimentação do eixo e da faca em

relação ao sentido longitudinal da peça ou disposição das fibras, Figura 5. Cada tipo de movimentação foi realizada em metade da peça.

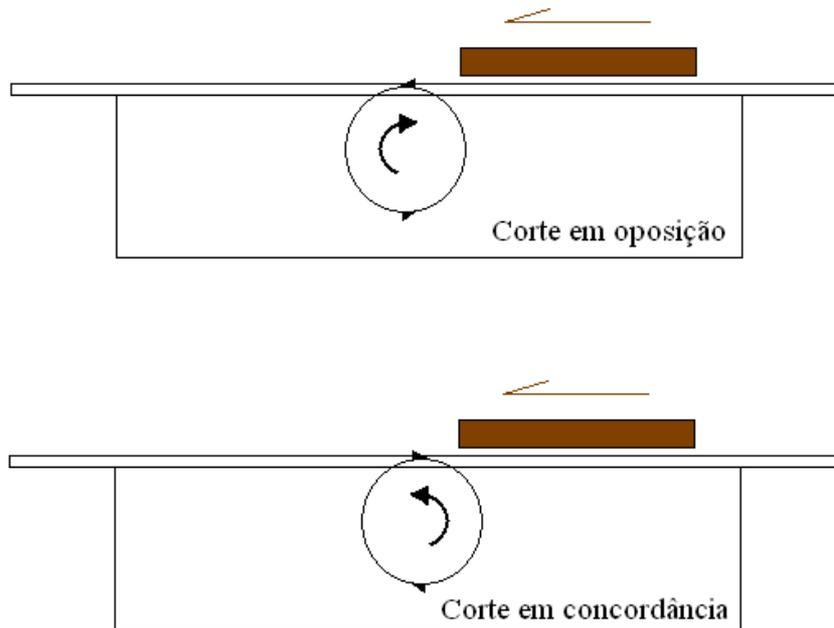


Figura 5. Esquema dos cortes de desempenho em oposição e concordância.



Figura 6. Exemplo de realização do aplainamento das amostras.

4.2.1.3. Furação

Para realização do teste de furação foi utilizada uma furadeira vertical de coluna, com velocidade de avanço manual, com frequência de rotação do motor de 3100 min^{-1} .

Foram realizadas as seguintes furações: “para cavilha” e “para dobradiça”. Na furação para cavilha a furadeira foi equipada com brocas do tipo helicoidal, de aço, com 6, 8 e 12 mm de largura, sendo realizados seis furos passantes por amostra, dois para cada broca. (Figura 7)

Os furos foram realizados com uma distância mínima de 25mm entre eles e também das bordas.

No teste de furação para dobradiça foi utilizada broca chata de 26mm. Foram confeccionados dois furos em cada corpo-de-prova, sendo um passante e outro não passante.

Nas furações para cavilha foi observada a presença de: grã levantada e queima da madeira.

Nas furações para dobradiça foi observada a presença de: grã arrancada, grã felpuda e marcas de cavaco.

Para avaliação da furação foram atribuídas dadas notas de um a cinco:

- Nota 1 (excelente): ausência de defeito em qualquer um dos furos;
- Nota 2 (boa): superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos;
- Nota 3 (regular): presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio;
- Nota 4 (ruim): presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos;
- Nota 5 (muito ruim): presença de defeito severo em mais de um furo.



Figura 7. Detalhe da realização do teste de furação.

4.2.1.4. Teste do rasgo

O rasgo consta de uma furação feita na lateral da peça, em lado oposto ao lado onde foram feitos os furos de cavilha e dobradiça, com a utilização de uma furadeira horizontal com uma broca helicoidal de 8 mm.

Para avaliação foram atribuídas notas de um a cinco, em função do levantamento de fibras presente nas superfícies do rasgo, esquematizado na Figura 8.

- Nota 1 (excelente): ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo;
- Nota 2 (boa): presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer;
- Nota 3 (regular): presença de levantamento forte em uma e leve em outra;
- Nota 4 (ruim): presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento;
- Nota 5 (muito ruim): presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo;

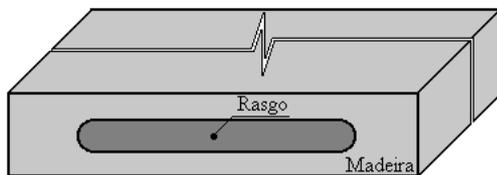


Figura 8. Ilustração do rasgo produzido na lateral das amostras

4.2.1.5. Teste do fendilhamento por pregos

Para realização do ensaio de fendilhamento por pregos teste foram utilizados pregos 15 x 15 (denominação comercial) com 30 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro.

Os pregos foram inseridos com espaçamento de 20 mm entre si e a 10 mm das bordas das peças, com a utilização de um martelo de 250g. (Figura 9)

As avaliações foram feitas levando-se em consideração a presença de rachas ou trincas observadas na superfície de penetração.

Sendo que os resultados foram classificados como:

- **Peça que aceita pregos:** amostra sem rachas o trincas, ou dimensões insignificantes destes, não alcançando o topo das amostras;
- **Peça que não aceita pregos:** com trincas ou rachas.



Figura 9. Ilustração do teste de fendilhamento por pregos (trincas e rachaduras).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Teor de Umidade e Densidade Aparente

Tabela 1. Resultados médios dos teores de umidade e da densidade aparente das sub-amostras confeccionadas para cada espécie avaliada:

Espécie	Teor de Umidade (%)	Densidade Aparente (g/cm ³)
Canela	16,0	0,750
Cedro	17,0	0,370
Angelim	14,0	0,770
Ipê	13,0	1,190
Muiracatiara	16,0	0,980

Analisando os resultados obtidos, observamos que o Ipê possui a maior densidade aparente, caracterizando uma madeira com alto teor de dureza e pesada. A trabalhabilidade da madeira demonstrou-se difícil, dificultando a realização de alguns testes.

Por outro lado, o Cedro obteve a menor densidade aparente, caracterizando uma madeira mais macia e leve. Devemos citar as densidades encontradas para o Angelim e a Canela, que apresentaram resultados bastante parecidos.

Observou-se que Cedro que obteve o maior teor de umidade e o Ipê que obteve o menor teor de umidade.

5.2. Teste de Lixa

Tabela 2. Resultados das avaliações das amostras após o teste de lixa:

Nome Popular	Corpo-de-Prova	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Média
Angelim	1	riscamento	1	grã felpuda	1	1,00
	2	riscamento	1	grã felpuda	1	
Canela	1	riscamento	1	grã felpuda	1	1,00
	2	riscamento	1	grã felpuda	1	
Cedro	1	riscamento	1	grã felpuda	1	1,00
	2	riscamento	1	grã felpuda	1	
Ipê	1	riscamento	1	grã felpuda	1	1,00
	2	riscamento	1	grã felpuda	1	
Muiracatiara	1	riscamento	1	grã felpuda	1	1,00
	2	riscamento	1	grã felpuda	1	

No teste de lixamento todas as espécies obtiveram nota máxima, ou seja, não apresentaram nenhum tipo defeito.

5.3. Teste de Plaina

De acordo com as médias encontradas e avaliações realizadas, observamos que os corpos de prova da Canela foram os que obtiveram melhor resultado no teste da plaina em relação às outras espécies, tendo como único defeito apresentado a presença de leves marcas de cavaco.

Por outro lado, o Ipê o obteve o pior resultado, apresentando o maior índice de defeitos no teste da plaina. Observou – se maior intensidade na presença de grã felpuda e grã arrancada em relação à maioria das outras espécies.

Tabela 3. Resultados das avaliações das amostras após o teste de plaina:

Nome Popular	C.P	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Média
Angelim	1	grã arrancada	1	grã felpuda	2	marcas de cavaco	1	grã levantada	1	1,25
	2	grã arrancada	1	grã felpuda	2	marcas de cavaco	1	grã levantada	1	
Canela	1	grã arrancada	1	grã felpuda	1	marcas de cavaco	2	grã levantada	1	1,13
	2	grã arrancada	1	grã felpuda	1	marcas de cavaco	1	grã levantada	1	
Cedro	1	grã arrancada	1	grã felpuda	1	marcas de cavaco	1	grã levantada	2	1,25
	2	grã arrancada	1	grã felpuda	1	marcas de cavaco	1	grã levantada	2	
Ipê	1	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	1	grã levantada	1	1,63
	2	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	2	grã levantada	1	
Muiracatiara	1	grã arrancada	2	grã felpuda	1	marcas de cavaco	2	grã levantada	2	1,50
	2	grã arrancada	1	grã felpuda	1	marcas de cavaco	1	grã levantada	2	

5.4. Teste de Furação (CAVILHA)

De acordo com a avaliação realizada, todas as espécies apresentaram um resultado satisfatório em relação à queima da madeira no momento da realização do ensaio, não apresentando em nenhum momento esse tipo de defeito. Em relação a presença de grã levantada, a Muiracatiara apresentou o melhor resultado, enquanto o Cedro apresentou grande intensidade do defeito na maior parte dos furos, determinando assim o pior entre as espécies.

Tabela 4. Resultados das avaliações das amostras após o teste de furação (cavilha):

Nome Popular	Corpo de Prova	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Média
Angelim	1	queima	1	grã levantada	2	1,50
	2	queima	1	grã levantada	2	
Canela	1	queima	1	grã levantada	2	1,25
	2	queima	1	grã levantada	1	
Cedro	1	queima	1	grã levantada	4	2,50
	2	queima	1	grã levantada	4	
Ipê	1	queima	1	grã levantada	2	1,50
	2	queima	1	grã levantada	2	
Muiracatiara	1	queima	1	grã levantada	1	1,00
	2	queima	1	grã levantada	1	



Figura 10. Furação para cavilha no Cedro

5.5. Teste de Furação (DOBRADIÇA)

De acordo com a análise dos resultados, conclui-se que no teste para dobradiça, os corpos-de-prova do Ipê obtiveram o menor índice de defeitos, apresentando apenas uma leve intensidade de grã felpuda.

Por outro lado, o Cedro apresentou média intensidade de grã arrancada e alta intensidade de grã felpuda e marcas de cavaco. É preciso ressaltar o resultado dos corpos de prova da Muiracatiara que apresentou apenas leve intensidade de grã arrancada e grã felpuda.

Tabela 5. Resultados das avaliações das amostras após o teste de furação (dobradiça):

Nome Popular	C.P	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Defeito	Nota	Média
Angelim	1	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	3	2,17
	2	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	2	
Canela	1	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	3	2,50
	2	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	4	
Cedro	1	grã arrancada	3	grã felpuda	5	marcas de cavaco	3	3,33
	2	grã arrancada	2	grã felpuda	3	marcas de cavaco	4	
Ipê	1	grã arrancada	1	grã felpuda	2	marcas de cavaco	1	1,17
	2	grã arrancada	1	grã felpuda	1	marcas de cavaco	1	
Muiracatiara	1	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	1	1,67
	2	grã arrancada	2	grã felpuda	2	marcas de cavaco	1	

5.6. Teste de Rasgo

Analisando os resultados obtidos para o teste do rasgo, observamos que a Muiracatiara obteve o melhor resultado, inclusive não apresentando nenhum defeito no corpo de prova número dois e apenas uma leve presença de grã felpuda no corpo de prova número um. Por outro lado ambos corpos de prova do Cedro apresentaram grande intensidade de grã felpuda, recebendo a nota mínima no teste.

Tabela 6. Resultados das avaliações das amostras após o teste de rasgo:

Nome Popular	Corpo-de-Prova	Defeito	Nota	Média
Angelim	1	grã felpuda	2	2,00
	2	grã felpuda	2	
Canela	1	grã felpuda	2	2,00
	2	grã felpuda	2	
Cedro	1	grã felpuda	5	5,00
	2	grã felpuda	5	

Ipê	1	grã felpuda	2	2,00
	2	grã felpuda	2	
Muiracatiara	1	grã felpuda	2	1,50
	2	grã felpuda	1	

5.7. Fendilhamento por Pregos

No teste do fendilhamento por pregos, o único a apresentar índice significante de rachaduras foi o Ipê, apresentando em quase todos os fendilhamentos o defeito.

Em observação foi colocado o corpo de prova número dois do Angelim, visto que apresentou uma leve rachadura em um dos fendilhamentos. Os outros corpos-de-prova obtiveram resultado satisfatório no teste.

Tabela 7. Resultados das avaliações das amostras após o teste de fendilhamento por pregos:

Nome Popular	Corpo-de-Prova	Pregos
Angelim	1	Aceita
	2	não aceita
Canela	1	Aceita
	2	Aceita
Cedro	1	Aceita
	2	Aceita
Ipê	1	não aceita
	2	não aceita
Muiracatiara	1	Aceita
	2	Aceita

5.8. Média dos resultados

Analisando a tabela final, conclui-se que a Muiracatiara obteve o melhor resultado geral entre as espécies, obtendo a melhor média em três dos seis testes feitos. Por outro lado, o Cedro obteve o pior resultado geral, tendo a pior média em três dos testes realizados.

Tabela 8. Média dos resultados das avaliações das espécies:

Nome Popular	Lixa	Plaina	Cavilha	Dobradiça	Rasgo	Prego	Média
Angelim	1	1,25	1,5	2,17	2	aceita aceita(obs)	1,58
Canela	1	1,13	1,25	2,5	2	aceita aceita	1,57
Cedro	1	1,25	2,5	3,33	5	aceita aceita	2,62
Ipê	1	1,63	1,5	1,17	2	não aceita não aceita	1,46
Muiracatiara	1	1,5	1	1,67	1,5	aceita aceita	1,33

6. CONCLUSÕES

- Todas as espécies obtiveram resultado satisfatório no teste de Lixamento, não apresentando os defeitos analisados para o teste

- No teste da plaina a Canela obteve o melhor resultado, enquanto o Ipê teve o pior resultado. No entanto, podemos considerar que todas as espécies obtiveram um resultado satisfatório, tendo apenas apresentado defeitos com grau de intensidade leve.

- A Muiracatiara obteve o melhor resultado no teste de furação para cavilha, não apresentando defeito algum, enquanto o Cedro apresentou grau de intensidade médio – alto de grã levantada.

- Nenhuma espécie apresentou queima da madeira no teste de furação para cavilha.

- No teste de furação para dobradiça, o Ipê apresentou o melhor resultado entre as espécies, demonstrando grande viabilidade para confecção de portas e janelas, com presença leve de grã felpuda em um dos corpos de prova. Por outro lado, o Cedro obteve o pior resultado, apresentando todos os defeitos analisados no teste.

- Conclui-se que a Muiracatiara também obteve resultado satisfatório no teste de furação para dobradiça, apenas apresentando defeitos de grau leve.

- No teste do rasgo, o Cedro apresentou o pior resultado da espécie entre todos os testes, obtendo a nota mínima possível (5).

- A Muiracatiara apresentou o melhor resultado no teste do rasgo, porém, a Canela, o Ipê e o Angelim obtiveram resultados satisfatórios.

- Apenas o Ipê não aceitou o fendilhamento por pregos de maneira significativa.

- O Angelim (2) apresentou leve rachadura em apenas um dos furos no teste de fendilhamento por pregos.

- O restante das peças aceitou o fendilhamento por pregos sem apresentar quaisquer defeitos.

- Dentre todas as espécies a que apresentou melhor resultado geral foi a Muiracatiara, demonstrando grande aptidão para confecção de móveis, portas e esquadrias, enquanto o Cedro obteve o pior resultado.

- Os resultados evidenciaram uma relação direta entre a aptidão e a densidade das madeiras.

7. RECOMENDAÇÕES

- Seria interessante a realização de novos estudos com as espécies, incluindo mais repetições e conhecimentos quanto a procedência da espécie, pois todas mostraram grande potencial para o setor de móveis, esquadrias e pisos.

- Considerar a aquisição de ferramentas novas para a marcenaria é importante, visto que as espécies estudadas possuem alto grau de dureza, dificultando os testes realizados.

- Atenção especial deve ser dada a madeira de Muiracatiara, pois os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

LORENZI, Harri, Árvores brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol. 1/ Harri Lorenzi. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002).

LORENZI, Harri, Árvores brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol. 2/ Harri Lorenzi. 2.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002).

REVISTA DA MADEIRA - EDIÇÃO Nº108 - OUTUBRO DE 2007

SOUZA JÚNIOR, N. D. **Qualidade de superfície na produção de peças S2S no setor de usinagem de uma indústria de molduras de pinus**. 2009. Tese (Conclusão de curso de Engenharia Industrial Madeireira) – Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal do Paraná.

SZACHNOWICZS, R. **Indústria de Painéis, Madeira Sólida e Móveis**. (MADEIRA 2006 Congresso Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável para a Indústria de Base Florestal e de Geração de Energia).

Revista da Madeira, V.7(40); 1999

PROBST PEREIRA, T. C. **A Indústria moveleira no Brasil e os fatores determinantes das exportações**. 2009. (Conclusão do curso de graduação em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina)

SILVA, J.R.M. et al. **Afiação de ferramentas para o setor madeireiro**. Lavras: UFLA/DCF. 1996. 37p.

VERISSIMO, A. **Estratégia e mecanismos financeiros para florestas nativas do Brasil**. 2006

CARVALHO, P.E. **Espécies Florestais Brasileiras**. EMBRAPA-CNPQ, 672p. 1994

JUVENAL, T.L. ; MATTOS, R.L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, RJ, n.16. p.3-30, 2002

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1666-87: **Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials** (reapproved1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

PRODUTOS MUIRACATIARA, disponível em www.Marinepar.com.br/produtos_muiracatiara. Acessado em 09/11/11.