

**AVALIAÇÃO DAS ESPÉCIES MADEIREIRAS DA AMAZÔNIA
SELECIONADAS PARA A MANUFATURA DE INSTRUMENTOS MUSICAIS**

BIBLIOTECA DO INPA

Harry Jan Van Der Slooten e Mário Rabelo de Souza***

BIBLIOTECA DO INPA

**CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
CENTRO DE PESQUISA DE PRODUTOS FLORESTAIS
MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS
INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL**

AM
674.8
5634a

** Pesquisador do CPPF-INPA
em Tecnologia e Utilização da Madeira*

*** Pesquisador do LPF-IBDF
Físico - Divisão de Engenharia da Madeira*

D 1 JUL 1987

AGRADECIMENTOS

O Coordenador do projeto agradece a Dra. CLARA PANDOLFO, Diretora do Departamento de Recursos Naturais da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), Belém, por ter dado autorização para que a nossa equipe trabalhasse junto à SUDAM; ao Dr. CESAR AUGUSTO CARNEIRO LOPES, pela excelente colaboração na coleta do material à Manaus; à Delegacia do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF, Belém e à sua Sede em Santarém pela coleta feita na Reserva Florestal de Tapajós.

Agradecimentos também ao Dr. WILLIAM RODRIGUES, do Departamento de Botânica, à equipe do CPPF/INPA, nas pessoas do Setor de Anatomia da Madeira, Srs. ARTHUR A. LOUREIRO e ROLAND VETTER, pela colaboração na identificação anatômica e determinação da cor das madeiras; à Srtª CLAUDETE CATANHEDE DO NASCIMENTO, da Divisão de Engenharia da Madeira; ao engenheiro JOSÉ MURILO FERRAZ SUANO, responsável pela usinabilidade da madeira; ao Sr. JAIR FERREIRA BATISTA, responsável pela fabricação dos instrumentos musicais; a Srtª REJANE MÉRICA DE SIQUEIRA MORAES, pela colaboração na tradução deste trabalho; e a Srtª IVONETE MORAIZ DE LIMA, responsável por toda a revisão e datilografia.

RESUMO

Este trabalho cobre a pesquisa de um grande número de espécies madeireiras tropicais da Amazônia visando definir suas aptidões para os diferentes componentes de instrumentos musicais de corda e de sopro. A investigação dessas espécies incluiu a determinação de características gerais (cor, textura, figura e grã), propriedades físicas (peso específico, contração), propriedades mecânicas (flexão estática e compressão paralela ã grã), estabilidade dimensional sob diferentes condições climáticas, propriedades acústicas e propriedades de usabilidade. Os resultados dessa pesquisa permitiram a classificação das espécies para os diferentes componentes dos instrumentos, no entanto, a adequação de cada espécie terá de ser confirmada através do seu uso efetivo na fabricação de protótipos de cada tipo de instrumento e subsequentes testes de qualidade desses instrumentos por músicos profissionais.

O projeto foi idealizado pela Fundação Nacional de Arte (FUNARTE), financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e executado pelo Centro de Pesquisa de Produtos Florestais (CPPF) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e pelo Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF).

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é essencialmente um país importador de madeiras estrangeiras para a fabricação de instrumentos musicais de corda e de sopro. Por esta razão, surgiu a idéia de realizar um projeto para definir espécies brasileiras capazes de substituir as importadas. É praticamente desconhecido no Brasil e no mundo, um trabalho sistemático de pesquisa científica para determinar a adequação de novas espécies de madeira na fabricação de instrumentos musicais, e o Brasil está realmente abrindo fronteiras nessa área.

A fabricação de instrumentos musicais é muito mais uma questão de tradição e arte do que um simples processo industrial, e os fabricantes e artesões desses instrumentos são bastante conservadores na escolha das madeiras, que durante séculos vem sendo utilizadas para os diferentes componentes de um instrumento.

Seria quase impossível que dentre as milhares de espécies tropicais existentes não se encontrassem pelo menos algumas poucas com potencial para substituir as tradicionalmente usadas na fabricação de instrumentos musicais.

O projeto consistiu na seleção e análise de um número relativamente grande de espécies, e foi na verdade um trabalho

de cooperação multilateral, tendo a Fundação Nacional de Arte (FUNARTE) como Orgão Coordenador, e o Centro de Pesquisa de Produtos Florestais (CPPF) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, o Laboratório de Produtos Florestais do IBDF, Brasília, e a Divisão de Madeiras do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), São Paulo, como agências executoras. O Instituto de Pesquisa Tecnológica foi responsável pelos testes de um número considerável de diferentes espécies e os resultados dessas análises serão publicados separadamente. Este projeto foi financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

O objetivo maior da pesquisa foi selecionar espécies brasileiras adequadas para substituir madeiras importadas na fabricação de instrumentos musicais, seus componentes e acessórios, através de :

1. análise comparativa das características e propriedades dessas espécies;
2. fabricação de protótipos dos diferentes instrumentos de corda e de sopro com as espécies selecionadas, tomando como base os resultados da análise do item "1";
3. testes desses instrumentos, durante o período de 1 ano , por músicos profissionais.

A análise de 21 espécies de madeiras da Amazônia (16 espécies para instrumentos de corda e 5 para instrumentos de sopro) realizada pelos laboratórios do INPA e do IBDF, envolveu a pré-seleção das espécies, a amostragem na floresta, a preparação do material de teste, a determinação das características gerais da madeira e propriedades físico-mecânicas básicas, o comportamento durante a secagem, a estabilidade dimensional, a usinabilidade e as propriedades acústicas.

A primeira fase do projeto abrangeu somente a pré-seleção e os testes das madeiras brasileiras. A fabricação dos protótipos e os testes desses instrumentos por músicos estão previstos para a segunda e terceira fases do projeto. O presente trabalho cobre somente a 1ª fase, encerrada em novembro/85, após uma reunião entre executores, fabricantes e artesões de instrumentos musicais, na qual foram selecionadas as espécies mais promissoras para a fabricação dos componentes de instrumentos, de acordo com os resultados obtidos nesta fase.

2. ESPÉCIES MADEIREIRAS TRADICIONALMENTE USADAS NA FABRICAÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS.

2.1. Madeiras para Componentes de Instrumentos de Corda (violinos, violões, violoncelos e contrabaixos).

Os tampos dos instrumentos são tradicionalmente confeccionados em abeto europeu (Picea abies), porém abeto sitka (Picea sitchensis) também tem sido usado como substituto.

O fundo, o braço, as volutas e as faixas são normalmente feitos de "Sycamore" (Acer pseudoplatanus) ou plátano europeu (Acer platanoides). O plátano são espécies madeireiras bastante procuradas porque além da boa figura que produzem, elas são fáceis de entalhar, fator importante na confecção das volutas. A razão mais importante para a preferência do abeto na confecção do tampo e do plátano para o fundo é que após a montagem do instrumento as notas musicais produzidas pelas duas lâminas (tampo e fundo) devem ter uma relação exata entre elas, ou seja, o fundo deverá produzir notas (1) um tom acima das produzidas pelo tampo⁹⁾.

A alma e as barras são geralmente feitas na mesma madeira do tampo, ou seja, em abeto. Para blocos e revestimentos usa-se o abeto e algumas vezes "Willow" (Salix

alba). As escalas são tradicionalmente feitas de ébano a fricano ou ébano de Mauritius. A maioria dos ébanos que são espécies do gênero "Diospyros", não existem no Brasil, e é essencial para a confecção de escalas que a madeira escolhida seja dura e pesada, visto que as cordas, sendo metálicas, têm tendência a cortar a madeira durante o uso do instrumento. O estandarte é feito de ébano, "boxwood" ou "rosewood". Os queixeiros são também confeccionados de ébano ou "boxwood". As cravelhas são feitas de "boxwood", "rosewood" ou ébano, e devem ser bastante lisas para que girem facilmente, sem no entanto permitirem muita folga. As pontes são feitas de "sycamore" ou plátano europeu, na Europa, e de plátano rocha (Acer nigrum) nos EEUU ⁹).

A única madeira considerada realmente adequada para a confecção de arcos é o Pau-Brasil (Pernambuco) (Caesalpinia echinata). Esta madeira é excepcional para tal finalidade, pois possui peso específico necessário, elasticidade e resistência mecânica alta (especialmente MOE e MOR na flexão estática). É extremamente difícil encontrar uma substituta para esta madeira que possua a mesma combinação de propriedades.

As madeiras de maior preferência para a confecção de violões clássicos são o abeto das florestas da Suíça e da Alemanha, e abeto "Sitka" da América do Norte, para o tampo; o pau-rosa do Brasil para o fundo e faixas; o

o mogno e o cedro de Honduras para o braço e, o ébano para as escalas ⁷⁾.

2.2. Instrumentos de Sopro (clarineta, oboés)

As espécies madeireiras que são consideradas adequadas para a fabricação de instrumentos de sopro devem ter densidade alta e textura relativamente fina. Textura grossa, grã aberta e densidade de mediana a baixa têm um efeito prejudicial no tom. É essencial que a madeira permita um acabamento excelente, principalmente no torneamento, furação e na perfuração. A facilidade de usinabilidade no entanto, não é considerada fator importante, uma vez que as espécies que apresentam melhores resultados muitas vezes são aquelas que, de acordo com as normas, são consideradas muito difíceis de serem usinadas. A estabilidade dimensional porém é um fator bastante importante, pois qualquer alteração nas dimensões dos furos pode alterar a qualidade do som do instrumento, que fica sujeito a consideráveis variações de teor de umidade, porque são soprados pela boca ⁹⁾. Uma das espécies mais usadas na fabricação de clarinetas e oboés é "blackwood" Africana (Dalbergia melanoxylon).

3. PRÉ-SELEÇÃO DE ESPÉCIES MADEIREIRAS BRASILEIRAS PARA OS DIFERENTES INSTRUMENTOS MUSICAIS E SEUS COMPONENTES.

Os critérios usados na pré-seleção das madeiras brasileiras a serem utilizadas para os testes e na posterior confecção dos protótipos foram : a) características anatômicas em geral (cor, grã, textura e figura); b) propriedades físicas (densidade da madeira e contração); c) propriedades mecânicas (módulos de ruptura e elasticidade na flexão estática, compressões paralelas e perpendicular à grã, cisalhamento e dureza).

A maioria das espécies selecionadas foram previamente testadas para outras finalidades e em geral apenas uma pequena quantidade do material de teste por espécie foi usado, o que pode ser considerado insuficiente para se chegar a conclusões confiáveis no que diz respeito aos seus possíveis usos na fabricação de instrumentos musicais. Portanto, era esperado de antemão que nem todas as espécies pré-selecionadas fossem adequadas e diversas delas deveriam ser eliminadas quando dados conclusivos ficassem disponíveis. Na Tabela 1 estão listadas todas as espécies pré-selecionadas.

4. AMOSTRAGEM E PROCESSAMENTO DO MATERIAL DE TESTE

A coleta de madeira de árvores da região Amazônica é uma tarefa difícil e muitas vezes perigosa, além de ser um empreendimento que consome tempo e capital, por causa da inacessibilidade dos locais, falta de infra-estrutura e difículdades de transporte.

As áreas de amostragem foram escolhidas com base nos resultados de inventários florestais existentes, a saber, a Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus (ZF-II), a floresta de Curuã-Una, ao Norte de Santarém, e a Reserva Florestal de Tapajós, ao Sul de Santarém.

Para cada um destes locais foi enviada uma equipe de campo, devidamente treinada nos procedimentos de amostragem, ou seja, derrubada das árvores. Corte de toras, tratamento preservativo e coleta de material botânico (excicatas) para posterior identificação.

De cada espécie coletaram-se amostras de pelo menos 3 árvores diferentes. As extremidades das toras foram vedadas com uma mão de tinta à base de asfalto, com a finalidade de evitar secagem excessiva das extremidades e o desenvolvimento de rachaduras nas toras durante o arraste, armazenagem e transporte.

Para arrastar as toras da floresta foram usados tratores ("Skidders") e para transportá-las até as serrarias foram utilizadas balsas ou caminhão. As serrarias responsáveis pelo desdobramento das toras foram as do Centro de Pesquisa de Produtos Florestais-CPPF/INPA, em Manaus, e da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia-SUDAM, em Santarém. As toras foram serradas de acordo com instruções dos fabricantes de instrumentos musicais, ou seja, grande parte das toras foram cortadas no sentido radial (perfeitamente quarteadas) . Todo o material, com exceção das espécies de densidade alta , recebeu tratamento de imersão em uma solução mista de fungicida e inseticida após a serragem, para evitar o ataque de fungos e insetos durante a prê-secagem ao ar livre nos pátios das serrarias.

5. METODOLOGIA E RESULTADOS

5.1. Determinação das Características Gerais

As características gerais da madeira englobam cor , textura, figura e grã. A fabricação de instrumentos musiicais, como já foi mencionado, é altamente conservadora e para cada diferente componente de um instrumento se exige que haja combinações específicas destas características .

Cor: A determinação da coloração visual é um empreendi

mento subjetivo. A impressão ao olho humano do amarelo ou laranja, vermelho ou castanho-avermelhado difere de pessoa a pessoa. A determinação exata da cor só é possível com a ajuda de análises colorimétricas. A escolha da cor terá que levar em conta algumas exigências já consagradas pela tradição, por exemplo, como no caso das clarinetas e dos oboês, que são de cor preta. A madeira também tem a tendência a mudar de cor quando exposta à luz ou ao ar, através da oxidação de certas substâncias presentes na sua estrutura. Um exemplo é o Coração de Negro, que muda do marrom-amarelado fraco, logo que é cortado, para o preto-marrom após ser exposto à luz e ao ar (Tabela 3). As diferenças de cor entre o alburno e o cerne são também bastante importantes, tendo em vista que não se deve usar o alburno na fabricação de instrumentos de música e que a diferença de cor entre eles facilita a separação. No entanto, muitas das espécies madeireiras Amazônicas de cor clara não apresentam essas diferenças de cores entre cerne e alburno, dificultando portanto a diferenciação entre ambos. Além do mais, a espessura da camada do alburno é um fator limitante na seleção das espécies, uma vez que a largura mínima das tábuas para a fabricação de um violão é de 20cm, por exemplo. Como a madeira tem que ser perfeitamente quarteada, é necessário que o diâmetro mínimo do cerne seja de pelo menos 50cm, o que significa que árvores com 5cm de espessura na camada de alburno devem ter um diâmetro de pelo menos 60cm para permitir a largura necessária.

O método colorimétrico usado na determinação da cor da madeira exige amostras de dimensões 15x15cm. Para cada amostra são medidos valores reflectantes das três cores básicas - vermelho, verde e azul - através de um fotômetro com filtro de leitura de reflectância. Estes valores representam os chamados valores "tri-estimulus" X, Y e Z para o 2º - observador - padrão do sistema colorimétrico CIE (Comissão Internacional de Iluminação). A iluminação das amostras é feita através de uma lâmpada XENON com filtro de conversão que simula aproximadamente a luz - padrão D65 recomendada pela CIE. A iluminação é difusa e a amostra é colocada diretamente oposta ao fotômetro. Os valores "tri-estimulus" X, Y e Z são convertidos nas coordenadas tricromáticas X e Y que são suficientes para caracterizar uma cor. Para tornar esses valores compreensíveis dão-se nomes a eles ou, utilizando a tábua de cores DIN da Norma Alemã DIN 6164, pode-se transformá-los em códigos. O código 4:2:3, por exemplo, relaciona índices de matiz, saturação e luminosidade de acordo com a Norma DIN. O índice de matiz vai de 1 a 24,99, começando do amarelo (1), passando pelo vermelho (7), violeta (3), azul (17) e verde (21) e de volta ao amarelo. O valor mínimo do grau de saturação é o zero e o máximo varia de 7 a 16, dependendo do índice de matiz. A luminosidade de 0 a 10, do branco ideal ao preto ideal. Pode-se ainda, segundo a Norma ASTM D-1535-68, transformar as coordenadas de cromaticidade X e Y nos índices correspondentes do Sistema Munsell.

As cores da madeira caem numa faixa relativamente pequena entre o amarelo e o vermelho, com algumas exceções como a "violeta" (Peltogyne cabingae Ducke) que é marrom escuro logo depois de cortada, mudando em seguida para o roxo e violeta. Determinando-se a cor da madeira através da colorimetria obtêm-se resultados objetivos sobre a alteração de cor durante o processo de acabamento. As cores das espécies que estão sendo analisadas neste trabalho estão apresentados na Tabela 2.

Figura: Comercialmente o termo figura se limita a padrões altamente decorativos, principalmente resultantes da aparência de camadas incrementais durante o crescimento da árvore, irregularidades na orientação das células e distribuição de cor não uniforme. A madeira para instrumentos musicais de cordas deve ser perfeitamente quarteada, o que significa dizer que a figura aparece sobre a superfície radial. A madeira quarteada geralmente apresenta uma quantidade considerável do tecido dos raios, que é em grande parte responsável pelo valor decorativo da madeira. A classificação de figura das espécies pré-selecionadas baseou-se em três características: tecido dos raios, distribuição de cor e irregularidades na orientação das células (Tabela 4).

Textura: As diferenças no aparecimento dos anéis de crescimento, que resultam das variações em tamanho e uniformidade

de das dimensões das células, constituem a textura da ma
deira.

Ao contrário de muitas madeiras européias e norte-americanas, como por exemplo o Carvalho, a maioria das ma
deiras Amazônicas apresenta textura uniforme.

A classificação de textura usada para as espécies pré-selecionadas baseou-se no tamanho dos poros e na visibilidade do parênquima, e foi considerada grossa : com poros de diâmetros acima de 300 micron e parênquima abundante visível a olho nũ; média: com poros de diâmetro entre 100 a 300 micron e parênquima visível sem o auxílio de lentes e fina: com poros de diâmetro menor do que 100 micron e parênquima visível apenas com o auxílio de lentes (Tabela 4).

Grã: A grã se relaciona às direções gerais das fibras e outros elementos da madeira, podendo ser definida como : direita, espiralada, reversa, ondulada e torcida. Preferencialmente as madeiras utilizadas na confecção de instrumentos musicais devem apresentar grã-direita, no entanto muitas espécies tropicais apresentam grã-cruzada ou entrecruzada.

5.2. Determinação das Propriedades Físicas

Densidade básica é uma propriedade de grande importân

cia por causa da sua relação direta com outras propriedades, como por exemplo resistência mecânica.

Na fabricação de instrumentos musicais a densidade básica das espécies tradicionais deve ser diferente para os vários componentes, ou seja, o peso específico de uma madeira para o tampo do violino deve ser menor que o daquela usada para o fundo. A madeira usada na fabricação de instrumentos de sopro deve ser pesada e com peso específico de aproximadamente 0.90.

A densidade básica foi uma das principais propriedades levadas em consideração na pré-seleção das espécies. As Tabelas 5 e 7 mostram a comparação entre os valores dessa propriedade nas madeiras tradicionais e nas nacionais. Os cálculos de densidade básica forem feitos com base nos pesos secos das madeiras e nos volumes destas quando verdes.

Contração (volumétrica, tangencial e radial) e também a relação contração tangencial/contração radial foram determinadas para todas as espécies (Tabela 5). Até certo ponto, o valor da contração radial é um indicador do comportamento da madeira durante a secagem e, quanto menor for este valor (< 2) melhor será a chance de secagem sem ocorrência de defeitos. Os valores absolutos para contração tangencial e radial também são até certo ponto indicadores

da estabilidade dimensional da madeira, isto é, quanto menores estes valores, menores serão as mudanças dimensionais com a absorção ou desorção de umidade.

Teor de Umidade Inicial, é uma propriedade de suma importância tendo em visto que o período de secagem é influenciado por este fator. No entanto, um alto teor de umidade inicial está diretamente relacionado com a densidade da madeira, ou seja, o teor de umidade inicial diminui com o aumento do peso específico. Por conseguinte aquelas madeiras tropicais que apresentam baixa densidade e portanto alto teor de umidade inicial são geralmente fáceis de secar sem apresentar defeitos graves.

5.3. Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas foram determinadas em ocasiões anteriores para todas as espécies pré-selecionadas de baixa e média densidades. As espécies selecionadas para instrumentos de sopro são tão densas e pesadas que não é necessário se determinar suas resistências mecânicas. As Tabelas 6 e 7 mostram uma comparação entre as resistências das madeiras tradicionais e das espécies nativas pré-selecionadas para este estudo.

5.4. Aplicação de Diferentes Métodos na Secagem do Material de Teste

A secagem do material destinado à fabricação de instrumentos musicais deverá ocorrer livre das tensões internas, que geralmente são geradas durante a usinagem e podem causar deformações tais como curvamento e arqueamento. Por esta razão, o método aplicado na secagem é crucial na prevenção destas tensões. Isto significa que a madeira deve secar sob condições que evitem endurecimento e colapso, defeitos que ocorrem normalmente durante os primeiros estágios do processo de secagem.

5.4.1. Secagem de Madeira Serrada para Instrumentos de Corda.

Na secagem de madeira quarteada das espécies pré selecionadas para instrumentos de corda, com espessura de aproximadamente 3cm e com variação na largura de 17 a 28cm, foi aplicada uma combinação de três técnicas diferentes, ou seja, secagem ao ar livre, secagem artificial pelo processo convencional e secagem à baixa temperatura (desumidificação).

Após a secagem e o tratamento preservativo nas ser rarias do CPPF e SUDAM, a madeira foi empilhada em um

galpão coberto para secagem ao ar livre até atingir um teor de umidade de 30 a 40 por cento. Durante o inverno a média de temperatura e umidade relativa do ar chega a 27°C e 90%, respectivamente, na região Amazônica, o que corresponde a um teor de umidade de equilíbrio na madeira de aproximadamente 20 por cento. Essas condições resultaram numa secagem lenta ao ar livre e não foram observados defeitos nas espécies analisadas durante esta fase. Depois da pré-secagem ao ar livre a madeira foi secada em secador convencional, sob condições moderadas, com temperatura não superior a 55°C e umidade relativa decrescendo gradualmente de 85% para 70% durante o processo, chegando a um teor de umidade final de 12 a 14%. No decorrer da fase final a madeira foi empilhada em câmara de aclimatização (desumidificação) sob condições correspondentes a um equilíbrio de teor de umidade de 10%.

Os resultados dessa combinação de processos de secagem foram excelentes para todas as espécies pré-selecionadas para instrumentos de corda, e os defeitos se limitaram a leves rachaduras nas extremidades em algumas poucas espécies.

5.4.2. Secagem de Madeiras para Instrumentos Musicais de Sopro.

As espécies madeireiras usadas na fabricação de

instrumentos de sopro como clarinetas, oboês e outros va
riam de pesadas a muito pesadas, com uma densidade bási
ca de 0.90 ou mais. Essas espécies são difíceis de se
car exigindo cuidados especiais durante o processo. A
secagem ao ar destas madeiras, que apresentam teores de
umidade inicial baixas por causa da sua densidade, pode
levar até mais de um ano, para se realizar sob as condições
climáticas prevalentes na região Amazônica, pois sequer
o teor de umidade final de 15%, exigido pelos fabrican
tes pode ser alcançado sem algum tipo de secagem artifi
cial. As opções para acelerar o processo de secagem são
muito limitadas também por causa das dimensões da maté
ria-prima. O único método adequado nesse caso é secar à
baixa temperatura através de desumidificação. Portanto,
a secagem das espécies pré-selecionadas Coração de Negro,
Gombeira, Preciosa, Muirapixuna e Jacarandá foi realiza
das em câmaras de desumidificação.

A temperatura e umidade relativa iniciais foram de
respectivamente 33°C e 88%. Estas condições foram grada
tivamente alteradas até uma temperatura final de 35°C e
uma umidade relativa de 80% durante o processo de seca
gem, correspondendo a um teor de umidade final de 15% na
madeira. Os maiores defeitos observados na madeira des
tas espécies foram rachaduras superficiais e rupturas nas
extremidades. Coração de Negro e Gombeira, espécies per

tencentes ao gênero Swartzia, e Preciosa mostraram defeitos negligenciáveis após cuidadosa secagem, entretanto, Muirapixuna mostrou uma forte tendência a rachaduras e rupturas.

5.5. Estabilidade Dimensional das Madeiras

Todos os instrumentos musicais tem em comum o fato de que na escolha das espécies deve-se levar em consideração não somente sua adequação para a performance do instrumento mas também o fato de que o instrumento é geralmente fabricado sob condições climáticas diferentes do local onde será utilizado. De acordo com Pearson ⁹⁾, o pequeno movimento dimensional é uma característica comum a muitas das madeiras que são particularmente adequadas para cada diferente parte dos instrumentos. Arqueamento ou contrações são detalhes que os fabricantes de instrumentos mais temem, desde que eles estão associados a incapacidades funcionais do instrumento, tais como falhas durante o uso ou encaixes frouxos. Por outro lado, o tom que deveria ser um ponto de máxima importância não o é, mas é considerado um problema à parte pelos fabricantes.

Os fatores que determinam a estabilidade dimensionais são a contração e o inchamento (dentro de um interva

lo de teor de umidade de 0% até o ponto de saturação das fibras) e a taxa de absorção ou desorção de umidade (higroscopicidade). A última, dentre os outros fatores, depende de extrativos e quanto maior for o teor de extrativos na madeira menor será sua permeabilidade. Além disso, a espessura da tábua tem um efeito "inercial" sobre o tempo necessário para alcançar uma certa faixa do equilíbrio de absorção. Se o inchamento externo é restringido, desenvolvem-se tensões de inchamento, que se opõem à absorção adicional. Em outras palavras, absorção e conseqüente inchamento podem ser impedidos pelas tensões internas da madeira.

Para as necessidades práticas, a importância do teor de umidade se dá no intervalo de 8% a 16%. As condições climáticas em zonas temperadas como no sul do Brasil, na Europa e na América do Norte causam alterações no teor de umidade dentro deste intervalo. No verão, o teor de umidade de equilíbrio (TUE) pode ficar em 15 e 16%, enquanto no inverno, quando os instrumentos são guardados ou usados em locais com aquecimento-central, o TUE pode ficar tão baixo como 8%.

Em casos extremos, como nas condições climáticas prevalentes em Brasília e na Bacia Amazônica, o intervalo do teor de umidade de equilíbrio é diferente. A

prolongada estação de seca em Brasília faz com que o teor de umidade da madeira caia até 5 ou 6%, e os músicos são forçados a guardar seus instrumentos até em banheiros para prevenir uma desorção de umidade excessiva e consequentes mudanças dimensionais, enquanto que as condições ao ar livre na Amazônia durante o período de chuvas corresponde a um teor de umidade de equilíbrio de 19 a 20%, onde instrumentos devem ser guardados em locais com ar-condicionado, onde o TUE pode ser mantido a 11 ou 12%.

Os exemplos acima mostram o efeito das condições climáticas durante períodos de tempo relativamente longos, no entanto, os músicos também observam a influência de diferentes temperaturas e umidades relativas sobre seus instrumentos durante períodos curtos de tempo, quando viajam de um local para outro.

Além das alterações dimensionais, a qualidade do som também depende do teor de umidade, isto sem mencionar a dependência da estrutura e da densidade da madeira. GREENHELL, trabalhando com madeiras Australianas, chegou à conclusão que o efeito do teor de umidade é apreciável no decaimento logarítmico médio, cujos valores foram 0,0322, 0,0365, 0,0379 a teores de umidade de 8,15 e 19% respectivamente.

Para testar a estabilidade dimensional das 16 espécies pré-selecionadas para instrumentos de corda, foram cortadas tábua^s perfeitamente quarteadas com 50cm de comprimento , 0,5cm de espessura e com largura média de 26cm, as quais fo^ram colocadas sob condições climáticas correspondentes a um teor de umidade de equilíbrio de mais ou menos 12%. No entanto, como pode ser visto através dos números nos gráficos e nas figuras 1-4, a maioria das espécies não chegou a esse valor de equilíbrio antes do teste de estabilidade dimensioⁿal começar. Apó^s terem atingido o equilíbrio higroscópico , as amostras foram colocadas numa câmara de aclimatização man^tendo-se uma temperatura de 29,4^oC (85^oF) e uma umidade re^lativa de 90% correspondendo a um teor de umidade de equilí^brio entre 19 a 20%, simulando-se assim as condições climá^ticas na Amazônia durante o período de chuvas. As amostras foram pesadas e suas alterações dimensionais medidas em intervalos regulares de tempo para obtenção das curvas de absorção e de inchamento durante um período de 18 horas (Fig. 1-4). Em seguida as condições climáticas iniciais da câmara foram alteradas para condições correspondentes a um teor de umidade de equilíbrio de 8% durante 16 horas. Na Tabela 8, está mostrada a contração radial absoluta; o in^{ch}amento e a contração expressos em percentagem para 1 por cento de mudança no teor de umidade de duas espécies tradi^cionais e das espécies brasileiras selecionadas..

Como já foi mencionado anteriormente, a estabilidade

dimensional de uma espécie é determinada pelo total de inchamento e contração que ela sofre, pela razão de absorção, desorção e correspondente inchamento/contração dentro de um certo intervalo de teor de umidade (8-16% M.C.). Em comparação com o plátano europeu e o abeto, as espécies brasileiras, com exceção de Parã-Parã e Morototô, apresentam valores de contração absoluta iguais ou mesmo menores do que os das espécies tradicionais. Grandes diferenças no entanto, podem ser observadas entre as espécies brasileiras, no que diz respeito à taxa de absorção e corresponden^{tes} mudanças dimensionais. Tauari, Morototô e Freijô, por exemplo, mostram taxas de absorção de umidade de respectivamente 3.9 , 4.5 e 4.5%, correspondendo a um aumento na largura das espécies de 0.94 , 1,01 e 1,02 por cento e consequente percentagem de inchamento para cada 1% de variação de teor de umidade de respectivamente 0.23, 0.23 e 0,24 . Os últimos valores são mais altos do que aqueles do plátano europeu e o abeto (respectivamente 0,19 e 0,20) significando que estas madeiras brasileiras são menos estáveis dimensionalmente do que as europeias. Por outro lado, espêcies como o Cedro, Mogno, Urucū da Mata, Munguba, Parã-Parã e Marupã apresentam estabilidade dimensionais melhores ou iguais às das madeiras tradicionais.

Uma outra diferença no comportamento de absorção de umidade entre as espécies brasileiras é mostrada pelas curvas das figuras 1-4. Algumas espécies como Tauari e Frei

jõ apresentam aumento mais ou menos uniforme de absorção de umidade durante um período de 18 horas, enquanto outras como Envira Preta, Tachi-Preto, Muiracatiara apresentam o maior aumento de absorção e mudanças dimensionais, nas primeiras 6 a 8 horas, após as quais, o aumento de peso e mudanças de dimensões começam a diminuir consideravelmente.

As estabilidades dimensionais das espécies Coração de Negro, Gombeira, Preciosa, Muirapixuna e Jacarandã do Pará, as quais foram selecionadas para instrumentos de cordas foram testadas empiricamente. Após a madeira ter sido seca da até um teor de umidade de aproximadamente 15%, confeccionou-se cada peça separadamente (bocais, soquetes, encaixes e guiso) com bastante cuidado para que cada parte, apesar de móvel, encaixasse perfeitamente nas suas partes adjacentes. Em seguida, essas peças foram colocadas em um ambiente com ar-condicionado onde o teor de umidade de equilíbrio da madeira correspondia a 10% e observou-se a reação de cada uma das peças a estas condições ambientais. Apesar de todas as cinco espécies terem uma tendência a rachaduras, as espécies Coração de Negro, Gombeira e Preciosa não apresentaram nenhum defeito depois de três meses de exposição às condições acima citadas. Entretanto, Muirapixuna e Jacarandã do Pará apresentaram rachaduras no guiso.

As espécies do gênero "Swartzia", Coração de Negro e

Gombeira são comparáveis ao Freijó e Tauari nas suas taxas de absorção e desorção (perda) de umidade, o que é uma característica desfavorável se comparada com a tradicionalmente usada Blackwood Africana (Dalbergia melanoxylon), conhecida pela sua secagem excepcionalmente lenta devido à presença de depósitos de óleo, que a tornam bastante estável dimensionalmente quando o instrumento está pronto para o uso. Para melhorar a estabilidade dimensional das peças pré-acabadas dos instrumentos fabricados com outras madeiras normalmente aplica-se um tratamento de banho-de-óleo.

5.6. Propriedades Acústicas das Madeiras Prê-Selecionadas para Instrumentos de Cordas

Os princípios de ressonância e as propriedades de radiação do som na madeira foram aplicados durante séculos na construção de instrumentos musicais em madeira, antes mesmo de serem cientificamente comprovados. Atualmente, as propriedades acústicas da madeira são conhecidas e podem ser devidamente investigadas.

Nos testes conduzidos pelo Laboratório de Produtos Florestais em Brasília, o método de vibração forçada foi utilizado para determinar a frequência natural de vibração (fr) e o decaimento logarítmico (DL) de dezesseis espécies madeireiras durante a análise de sua adequação para a fabricação de instrumentos de corda.

De acordo com Hearmon ⁸⁾ :
$$DL = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \frac{\Delta f}{fr}$$

Onde "fr" é a frequência de ressonância e Δf é o diferencial da frequência entre dois pontos diretamente opostos, acima e abaixo do ponto de ressonância, no qual a amplitude de vibração cai para a metade do valor do ponto de pique de ressonância com frequência de "meia amplitude" f' e f'' (Fig. 6).

Para realização dos testes foi usado um aparelho que consiste de um excitador eletromagnético com um intervalo de vibração de 0 a 20MHz, com amplitude constante e uma variação na frequência em forma de "degraus" de 0,01HZ. A frequência requerida foi obtida através de um micro-computador que controlava todo o sistema. Um detector de sinais recebe a vibração transmitida através da amostra de madeira (dimensões 30x2x0,3cm) e o computador interpreta esses sinais. A posição dos suportes da amostra de madeira (5) varia de acordo com o teste feito para a determinação da fundamental, primeira e segunda harmônicas. Os resultados dos testes podem ser obtidos através de um osciloscópio, de um delineador de gráficos ou de uma impressora conectada ao computador (Fig. 5).

O conceito do teste é simples: o excitador faz com que a amostra de madeira vibre a uma frequência que vai au

mentando progressivamente e quando esta frequência coincide com a frequência natural da madeira a amostra entra em ressonância. Isto induz um sinal de alto valor no detector, o qual é lido pelo computador e transmitido para o osciloscópio, o delineador gráfico ou, numericamente, para uma impressora.

Os resultados dos testes de acústica estão mostrados na Tabela 9, onde os valores da frequência de ressonância (f_r), o decaimento logarítmico (DL) e o peso específico a 12% de teor de umidade (ρ) das espécies brasileiras são comparadas aos valores de plátano europeu e do abeto, que são as madeiras tradicionalmente utilizadas na confecção do tampo e do fundo de violinos, violas, etc. De acordo com Rabelo (Laboratório de Produtos Florestais, Brasília), os seguintes critérios podem ser usados na seleção de espécies madeireiras para a fabricação de tampos e fundos :

Tampo de violinos ou violões: $f_r > 170$ Hz
 DL $< 0,021$
 $\rho < 0,60$ g/cm³

Fundos de violinos e violas: $f_r > 150$ Hz
 DL $< 0,030$
 $\rho > 0,40$ g/cm³

Fundos de violão: $f_r > 150$ Hz
 DL $< 0,020$
 $\rho > 0,60$ g/cm³

Aplicando-se esses critérios aos resultados dos testes, as espécies podem ser sub-divididas em dois grupos, um grupo formado de madeiras favoráveis à confecção de tampos, no qual se encaixam as espécies Freijão, Marupã, Morototô e Munguba. O segundo grupo deve ser dividido em espécies adequadas para fundos de violinos e espécies para fundos de violões. Amapã Doce, Tauari e Ucuúba são três espécies adequadas para a confecção de fundos de violinos e Faveira Folha Fina, Macacaúba e Muiracatiara seriam mais favoráveis para fundos de violões.

5.7. Propriedades de Usinabilidade das Espécies Madeireiras Pré-Selecionadas

Uma das mais significativas características da madeira é a facilidade com a qual ela pode ser trabalhada. As espécies madeireiras variam amplamente entre si no que diz respeito ao seu comportamento quando submetidas às ferramentas de corte, de maneira que é necessário se utilizar métodos sistemáticos para se determinar suas adequações para um determinado uso onde a qualidade do acabamento superficial é um fator de grande importância. Apesar da qualidade do acabamento superficial de qualquer instrumento musical ser um fator extremamente importante para os padrões industriais, as propriedades de usinabilidade da madeira, que influenciam bastante este fator, não são de fato o critério principal como o seriam em outro tipo de indústria. Isto acontece parcialmente porque existem outros requisitos mais

importantes, e também porque há uma considerável parcela de trabalho manual a ser feito, como, por exemplo, na fabricação de um violino.

Dentro do contexto deste projeto de pesquisa, no entanto, foi considerado bastante importante a obtenção de dados de comparação sobre o comportamento das espécies sob investigação no que tange à usinabilidade.

Os testes de usinabilidade conduzidos durante as análises concluíram aplainamento, fresamento, furação, lixamento e torneamento, sendo todos eles operações muito comuns na fabricação de produtos madeireiros. Os equipamentos usados para a realização desses testes consistiram em máquinas de tamanho comercial. Para se chegar a resultados compatíveis, os parâmetros usados em cada operação foram mantidos constantes para todas as espécies, o que significa dizer que provavelmente poderia ter-se obtido melhores resultados usando-se ângulos de corte diferentes para as facas, diferentes velocidades de aplainamento, outros tipos de broca na furação e lixas mais finas no lixamento.

Os testes de torneamento foram realizados somente com as espécies selecionadas para instrumentos de sopro. Esses testes foram aplicados em espécies com teor de umidade variando de 11 a 14%.

Os parâmetros usados em cada operação de usinabilidade estão mostrados no apêndice 1 e os resultados foram compilados na Tabela 10. Na classificação da qualidade do acabamento superficial foram estabelecidas quatro diferentes classes:

CLASSE DE QUALIDADE	PORCENTAGEM ENTRE AMOSTRAS SEM DEFEITOS E AMOSTRAS COM DEFEITOS DESPREZÍVEIS	
Excelente	>	85 %
Bom	70 -	84 %
Regular	50 -	69 %
Ruim	<	50 %

6. DISCUSSÃO

Na introdução deste trabalho foi mencionado o fato de que seria praticamente impossível que dentre as milhares de espécies de madeiras tropicais da Amazônia não se encontrassem pelo menos algumas poucas aptas a substituir as tradicionalmente usadas na confecção dos diferentes componentes de instrumentos musicais. À primeira vista, tal afirmação parece ser verdadeira e os resultados deste projeto de pesquisa confirmaram que um certo número das espécies tropicais selecionadas tinham características e propriedades muito semelhantes às das espécies tradicionalmente usadas. No entanto, ficou claro, durante o desenrolar da pesquisa, que seria difícil encontrar novas espécies para cada componente específico de um instrumento que apresentasse a mesma combinação de características encontradas nas madeiras tradicionais.

Dentro deste conceito, uma questão é levantada : O que é necessário para se produzir um instrumento musical de boa qualidade? Um violino ou violão adequado para ser utilizado por solistas profissionais necessita ser de primeira qualidade, no que diz respeito ao som produzido e à aparência, enquanto violinos usados por estudantes em conservatórios ou violões destinados ao uso popular podem ser de qualidade inferior. Em outras palavras, um instrumento musical não precisa necessariamente ter a qualidade de um violino Stradivarius, de um violão Orige ou Romanillos, ou de um piano Steinway para satis

fazer às necessidades de um grande número de pessoas que que rem simplesmente tocar um desses instrumentos. Considerando a questão sob esse ponto de vista, os resultados do projeto mostram-se muito promissores, apresentando diversas espécies e combinações de espécies com potencial para fabricação de instrumentos de boa qualidade, os quais serão detalhados a diante, quando violões fabricados com espécies Amazônicas fo rem discutidos.

Baseando-se nas características e propriedades das madeiras Amazônicas foi feita a seguinte seleção para os dife rentes componentes de instrumentos musicais :

1. Instrumentos de Corda

a. Violinos, violas, etc.

Tampo: Freijão, Marupã, Morototô e Munguba

Fundo e Lados: Amapã Doce, Tauari e Ucuúba

Escala, Cauda, Queixeiros : Coração de Negro, Gombeira

Arco: Louro Chumbo (Licaria cayennensis Kosterm).

b. Violões

Tampo: Freijão, Marupã, Morototô e Munguba

Fundo e Lados: Faveira Folha Fina, Jacarandã do Parã,
Macacaúba, Muiracatiara.

Braço: Cedro, Mogno e Urucú da Mata

Escala e Ponte: Coração de Negro, Gombeira e Muirapixuna

2. Instrumentos de Sopro

- a. Clarinetas, Oboês, Flautas: Coração de Negro, Gombeira, Preciosa e Muirapixuna
- b. Fagotes: Muiracatiara

3. Pianos

Tampo de ressonância: Marupã, Morototô

Mecanismo: Faveira Folha Fina, Munguba, Tauari e Ucuúba

Todas as espécies selecionadas para tampos de instrumentos de corda possuem combinações de características e propriedades favoráveis, exceto pela estabilidade dimensional do Freijão e do Morototô. Amapã Doce, Tauari e Ucuúba poderão ser adequadas para fundos e lados de violinos, apesar da estabilidade dimensional do Tauari ser quase a mesma do Freijão. As espécies que apresentam-se mais indicadas para fundos de violões são Faveira Folha Fina, Jacarandã do Pará, Macacaúba e Muiracatiara.

Coração de Negro e Gombeira possuem praticamente as mesmas propriedades que o ébano e podem substituí-lo nas escalas, caudas e queixeiros de violinos e para escalas e pontes de violões. Para violões, Muirapixuna poderá eventualmente também ser usada.

As espécies Cedro, Mogno e Urucū da Mata são adequadas para a confecção de braços, cabeças e joelho do violão, por causa da sua leveza, resistência e estabilidade dimensional.

Já foi anteriormente mencionado que a única madeira realmente adequado para arcos é o Pau-Brasil (Caesalpinia echinata), no entanto, uma outra espécie foi encontrada possuindo quase as mesmas propriedades, entre as quais, grã relativamente direita e mōdulo de elasticidade na flexão estática acima de 300×10^3 Kg/cm². Esta espécie foi o Louro Chumbo (Licaria cayennensis).

Para instrumentos de sopro, como clarinetas, oboés e flautas, as espécies Coração de Negro, Gombeira e Preciosa parecem ser as mais favoráveis. Todas as três apresentam densidade alta combinada com textura fina e produzem um excelente acabamento no que diz respeito a torneamento e furação. Além do mais, Coração de Negro e Gombeira tornam-se pretas quando expostas à luz e ao ar. Um ponto a favor da Preciosa é a sua estabilidade, causada por depósitos de óleo que não existem nas outras duas espécies. No entanto, de acordo com a opinião de um fabricante de clarinetas do Sul do Brasil, um banho de óleo poderá resolver este problema destas espécies. A espécie Muiracatiara deverá ser usada na fabricação de protótipos de fagotes.

Fabricantes de pianos no Sul do Brasil tem mostrado interesse no Marupã para o tampo de ressonância. Outras quatro espécies adequadas para a construção dos outros mecanismos dos instrumentos serão usados por um fabricante para testes, a saber, Faveira Folha Fina, Munguba, Tauari e Ucuúba .

As reações dos artesões e fabricantes de instrumentos têm sido bastante favoráveis e vários pedidos de fornecimento das madeiras testadas para a fabricação de protótipos de todos os tipos de instrumentos musicais têm chegado ao Centro de Pesquisa de Produtos Florestais do INPA, Manaus.

Para testar a validade das espécies selecionadas para os diferentes componentes de instrumentos musicais, foi decidido que o violão clássico seria o instrumento escolhido para os testes e que seria confeccionado um certo número deles no CPPF, usando-se diferentes combinações de espécies . Até o presente momento foram confeccionados três unidades com a mesma forma e dimensões, o mesmo sistema de suporte do tampo e o mesmo tipo de cordas metálicas.

Foram usadas as seguintes combinações de espécies :

<u>VIOLÃO Nº</u>	<u>TAMPO</u>	<u>FUNDO E LADOS</u>	<u>BRAÇO</u>	<u>ESCALA E PONTES</u>
01	Marupã	Faveira Folha Fina	Freijó	Gombeira
02	Marupã	Muiracatiara	Freijó	Gombeira
03	Freijó	Tauri	Urucū da Mata	Gombeira

Os critérios usados na seleção das amostras foram : acústica, firmeza para resistir ao movimento das cordas no braço e no corpo do instrumento sem provocar distorção, e leveza (peso) para manter o equilíbrio do instrumento nas mãos do músico.

Os três instrumentos foram testados por músicos profissionais e suas opiniões se concentraram sobre intensidade, equilíbrio sonoro, deterioração, sensibilidade, ressonâncias indesejáveis, peso e brilho de cada instrumento.

O resultado das observações podem ser sumarizados como segue :

<u>CARACTERÍSTICA</u>	<u>VIOLÃO Nº</u>		
	1	2	3
Intensidade	moderado	bom	bom
Equilíbrio sonoro	baixo/fraco	bom	bom
Deterioração ("Decay")	envelhecimento (rápido)	bom	bom
Sensibilidade	duro	ótimo	regular
Ressonâncias indispensáveis	nenhuma	nenhuma	nenhuma
Peso	pesado	médio	leve
Brilho	mal	bom	ótimo

Os resultados dos testes falam por si próprios. O violão nº 1 foi considerado o de menor qualidade. Os violões 2 e 3 foram considerados bons instrumentos, apesar das opiniões se dividirem sobre qual dos dois seria o melhor.

A pesquisa deverá ter continuação e mais violões serão confeccionados para se chegar à melhor combinação de espécies para estes instrumentos. A princípio, Freijó não deverá ser mais usada para a confecção do braço por ser uma madeira pesada. Combinações como Munguba ou Morototó para tampos e Macacaúba e Muiracatiara para fundo e lados serão usados, enquanto o braço deverá ser feito de Mogno, Cedro ou Urucú da Mata.

Como mencionado anteriormente, os protótipos serão fabricados por artesões e no futuro, por fabricantes no Sul do país.

8. CONCLUSÕES

Resumidamente, as conclusões são :

1. O projeto envolvendo a pesquisa de diversas espécies tro
picais da Amazônia com aptidões para a fabricação de instr
umentos musicais pode ser considerado um sucesso. Base
andando-se nos resultados desta pesquisa um considerável
número de espécies podem ser selecionadas como potencial
mente aptas para a fabricação de instrumentos musicais ,
considerando-se no entanto, que a palavra final deve ser
dada por fabricantes e músicos.
2. A maioria das espécies envolvidas neste projeto estão dis
poníveis em volumes suficientes nos diferentes Estados
da Amazônia, garantindo um suprimento contínuo de matê
ria-prima no futuro.
3. Apesar de tecnologistas em madeira não estarem familiari
zados com as peculiaridades das exigências feitas por
lutiês e fabricantes de instrumentos musicais, este pro
jeto vem provar que eles podem oferecer uma grande ajuda
na seleção de possíveis substitutas para espécies tradi
cionais usadas durante eras para este propósito.

9. LITERATURA CITADA

1. ANÓNIMOS - Ahorn, Informationsdienst Holz, nº 8.
Arbeits-gemeinschaft Holz e.v., Düsseldorf, West
Germany.
2. ANÓNIMOS - Fichte, Informationsdienst Holz, nº 1.
Arbeits gemeinschaft Holz e.v., Düsseldorf, West
Germany.
3. ANÓNIMOS - The luthier's mercantile; Catalog for
stringed instrument makers. Healdsburg, Calif
U.S.A. pp. 153.
4. ANÓNIMOS - Wood Handbook, USDA Agriculture Handbook
72, U.S. Forest Products Lab. U.S. Dept. of
Agriculture; 974, pp. 440-455.
5. BROWN, H.P. & PANSHIN, A.J. - Textbook of wood
technology, vol. 2 MC. Grawhill Book Co, 52.
pp. 136-145.
6. DESCH, H.E. - Timber : its structure and properties.
Low and Brydone Ltd., Thetford U.K.'73, pp. 424.
7. EVANS, T. and M.A. - Guitars, Music, History,
Construction and Players from the Renaissance to
Rock, Facts on File, New York, N.Y. 10016, '77,
pp. 479.
8. HEARMON, R.F.S. - The assessment of wood properties
by vibrations and high frequency acoustic waves.
for Prod. Research Lab. Princes Risborough, U.K.,
pp. 49-54.

APÊNDICE 1

9. PEARSON, F.G.O. and C. Webster - Timbers used in the musical instrument industry. For Prod. Research Lab. Princes Risborough, U.K. (reprint), pp.47.

10. SLOOTËN, H.J. VAN DER ET. AL. - Madeiras da Amazônia; Características e Utilização, vol. 1: Floresta Nacional do Tapajós; IBDF/CNPq, Brasília, pp. 113.

11. WANGAARD, F.F. - Wood: Its structure and properties, vol. 1. The Pennsylvania State Univ., '81, pp. 465.

ESPECIFICAÇÕES DAS MÁQUINAS USADAS EM TESTES DE TRAMPALHEM

1. PLATINA DESEBROSSADORA - Baerle, Modelo DM 53

Velocidade de Rotação : 2000 rpm
 Alimentação Manual
 Plano de Corte : radial
 Rotação da Face : 8 por cento
 Número de Faces : 2
 Profundidade de Corte : 2,0 mm

2. TAPISA - Baerle, Modelo 3FM/DF90 (em 1) eixo

Velocidade de Rotação : 12000 rpm
 Ângulo de Corte : 15°
 Alimentação Manual
 Plano de Corte : Tangencial

3. FURADEIRA HORIZONTAL - Baerle, Modelo L60

Velocidade de Rotação : 3400 rpm
 Broca : 2 cantos de corte retos
 Alimentação Manual
 Diâmetro do 1º tipo : 12 mm tangencial
 Diâmetro do 2º tipo : 15 mm radial

4. LISSADORA DE 2 ROLOS DE CINTA LARGA - Timelaver, Inc. Modelo 357 - 2ND

Velocidade da Lixa no 1º rolo : 1920 m/min
 Velocidade da Lixa no 2º rolo : 1250 m/min
 Velocidade de Alimentação : 12 m/min
 Profundidade de Lixamento : 0,8 mm
 Tipo de Lixa no 1º rolo : nº 80
 Tipo de Lixa no 2º rolo : nº 100

5. TORNO - MARCA

Velocidade de Rotação do Eixo : 734 rpm

APENDICE 1

ESPECIFICAÇÕES DAS MÁQUINAS USADAS EM TESTES DE TRABALHABILIDADE

1. PLAINA DESENGROSSADEIRA - Baüerle, Modelo DM 63

Velocidade de Rotação do Cabeçote : 3450 rpm
Ângulo de Corte : 30°
Velocidade de Alimentação : 20m/min.
Alimentação Manual
Plano de Corte : radial
Marcas de Faca : 8 por(cm)
Número de Facas : 2
Profundidade de Corte : 2.0 mm

2. TUPIA - Baüerle, Modelo SFM/DF90 (um (1) eixo)

Velocidade de Rotação : 12000 rpm
Ângulo de Corte : 15°
Alimentação Manual
Plano de Corte : Tangencial

3. FURADEIRA HORIZONTAL - Baüerle, Modelo LBO

Velocidade de Furação : 3400 rpm
Broca : 2 canais de corte retos
Alimentação Manual
Diâmetros : 12 mm topo e tangencial
15 mm radial

4. LIXADEIRA DE 2 ROLOS DE CINTA LARGA - Timesavers, Inc., Modelo 352 - 2HD.

Velocidade da Lixa no 1º rolo : 1920 m/min.
" " " 2º rolo : 1290 m/min.
Velocidade de Alimentação : 12 m/min
Profundidade de Lixamento 1,0 mm
Tipo de Lixa no 1º rolo : nº 80
Tipo de Lixa no 2º rolo : nº 100

5. TORNO - MARCA

Velocidade de Rotação do Eixo : 734 rpm

APENDICE 2

FICHAS TÉCNICAS DAS MADEIRAS ANALISADAS

a) tampos, tábuas harmônicas; mecanismo de piano:

- freijó verdadeiro
- marupá
- munguba grande
- morototó

b) fundos e lados de violinos e violões; fagote; mecanismo de piano:

- amapá doce
- tauari
- ucuúba da terra firme
- jacarandá
- macacaúba
- muiracatiara
- faveira folha fina

c) braços:

- cedro
- mogno
- urucu da mata

d) clarinetas, oboês, flautas; acessórios e partes para instrumentos de corda:

- coração de negro
- gombeira
- muirapixuna
- preciosa

MUNGUBA GRANDE
PACHIRA SPP.

ORIGEM :

Curuá-Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.50 g/cm³; figura ausente; textura média; grã-direita; brilho fraco; cor marrom-amarelo acinzentado claro.

USINABILIDADE : A madeira apresenta excelentes resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação e lixamento (lixa nº 100)).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.5%; absorção; inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.12; desorção contração em 1% alteração em teor de umidade 0.13. Esta madeira tem alta estabilidade dimensional.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 178; frequência de ressonância (1ª harmônica) 478; frequência de ressonância (2ª harmônica); 934; decaimento logarítmico 0.021; velocidade de propagação do som 4733.

APLICAÇÕES : Tampos de violões e violinos, mecanismo do piano.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				CONDICÕES DE SECA UNIDADE DA MADEIRA A 12 %	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLÚMÉ - TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA - DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.50	10.0	4.5	13.3								

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
B C	B - DESVIO PADRÃO
	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

FREIJÓ VERDADEIRO
CORDIA GOELDIANA

ORIGEM

Curuá-Una (Pará)

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.49 g/cm³; Figura : distintas listras conspícuas. Textura média; Grã Direita; Brilho forte; Cor marrom - amarelo fraco.

USINABILIDADE : A madeira é fácil para trabalhar e apresenta bons a excelentes resultados em todas as operações de usinagem (Aplainamento, fresamento e lixamento).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.1%; Absorção inchamento por 1% alteração em teor de umidade 0.24; Desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.21. Embora a madeira seja menos estável do que Abeto e Plátano europeu e adequada para tampas de instrumentos de corda.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 195; Frequência de ressonância (1ª harmônica) 535; Frequência de ressonância (2ª harmônica) 1044 decaimento logarítmico 0.014; Velocidade de propagação do som 5173.

APLICAÇÕES :

Tampas de violões, violinos, violas, etc.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				CONDIÇÕES DE SECA UMIDADE DA MADEIRA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHAMENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMÉTRICA		MÓDULO DE ELASTICIDADE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
	%	%	%								
0.49	8.1	5.7	14.5		104	932	517	62	85	608	452

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
R	B - DESVIO PADRÃO
C	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

**MARUPÁ
SIMARUBA AMARA**

ORIGEM :

Curuá-Una, Pará; Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.40 g/cm³; figura ausente; textura média; grã-direita; brilho médio; cor amarelo amarronzado acizento muito claro.

USINABILIDADE : É uma madeira fácil de trabalhar e apresenta excelentes resultados nas operações de aplainamento, fresamento e lixamento, e é de bom a regular na furação.

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta: 3.4%; absorção : inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.16; desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.14. Essa madeira tem alta estabilidade dimensional.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 170; frequência de ressonância (1ª harmônica) 466; frequência de ressonância (2ª harmônica) 921; decaimento logaritmico 0.21; velocidade de propagação do som 4519.

APLICAÇÕES : Tapos de violões e violinos, tampa de ressonância do piano.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				SECA CONDIÇÕES DE UMIDADE DA MADEIRA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLU- MÉ- TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO- LIMITE PRO- LIMITE PRO- (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.40	6.6	3.4	10.7	82	664	352	47	71	439	267	

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO

B - DESVIO PADRÃO

C - NÚMERO DE AMOSTRAS

MOROTOTO
SCHEFFLERA MOROTOTONI

ORIGEM :

Curuá-Ilna, Pará; Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.51 g/cm³; figura com listras fracas nos anéis de crescimento; textura média; grã-direita; brilho médio; cor marrom-amarelo acinzentado claro.

USINABILIDADE : Comportamento da madeira em aplainamento excelente, em fresamento ruim, furação regular. Recomenda-se usar uma lixa mais fina (> nº 100).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 8.1%; absorção inchamento em 1% por 1% alteração em teor de umidade 0.23; desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.25. É uma madeira dimensionalmente menos estável do que o abeto e o plátano europeu.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 202; frequência de ressonância (1ª harmônica) 549; frequência de ressonância (2ª harmônica) 1064; decaimento logarítmico 0.020; velocidade de propagação do som 5361.

APLICAÇÕES : Tapos de violões e violinos, tampa de ressonância do piano.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDIÇÕES DE UMIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLÚME - TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.51	13.2	8.1	23.0	SECA A12%	113	725	405	46	105	489	357

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
B C	B - DESVIO PADRÃO
	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

AMAPÁ DOCE
BROSIMUM PARINARIOIDES

ORIGEM

Curuã - Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.54 g/cm³; Figura : distintas listras conspícuas; Textura média: grã entrecruzada; Brilho fraco ; Cor marrom-amarelo pálido.

USINABILIDADE : Comportamento da madeira nas operações de aplainamento e fresamento: regular. Muito provável que em outros ângulos de corte e troca de velocidade (rpm) apresentarão melhores resultados; Resultados de furação : topo e radial excelentes: tangencial regular ; lixamento com lixa nº 80 e 100 apresentam resultados regulares. Recomenda-se usar uma lixa mais fina (>nº 100).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta : 4.9%; Absorção: inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.22; Desorção: contração em % por 1% alteração em teor de umidade : 0.27. Resulta dos mostraram menor estabilidade dimensional que Abeto e Plátano e uropeu.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 186; Frequência de Ressonância (1ª harmônica) 514; frequência de ressonância (2ª harmônica) 998; Decaimento logarítmico 0.023; Velocidade de propagação do som 4959.

APLICAÇÕES :

Fundos e lados de violinos, violas, etc.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDICÕES DE UMIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALMA - MENTO	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLÚME - TRICA		MÓDULO DE ELASTICIDADE DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
%	%	%	%	SECA A 12%							
0.54	7.9	4.9	13.3		115	1043	581	82	102	734	567

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

TAUARI

COURATARI OBLONGIFOLIA

ORIGEM Curuá-Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.49 g/cm^3 ; figura distinta, listras conspícuas; textura média; grã-direita; brilho médio; cor marrom-amarelo muito pálido.

USINABILIDADE : Madeira relativamente fácil para trabalhar e apresenta excelente resultados em aplainamento e fresamento; regular até boa em furação e boa em lixamento (lixa nº 100).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.2%; absorção : inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.23; desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.20.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 172; frequência de ressonância (1ª harmônica) 472; frequência de ressonância (2ª harmônica) 926, decaimento logarítmico 0.027; velocidade de propagação do som 4571.

APLICAÇÕES : Fundos de violinos, mecanismo do piano.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				PROPRIEDADES MECÂNICAS							
DENSIDADE BÁSICA (g/cm^3)	CONTRAÇÃO			CONDIÇÕES DE SECA UMIDADE DA MADEIRA A 12%	FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLÚMÉ - TRICA		MÓDULO DE ELASTICIDADE X 1000 (kg/cm^2)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm^2)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm^2)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm^2)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm^2)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
	%	%	%								
0.49	6.4	4.2	11.3		108	905	477	62	87	542	380

LEGENDA

A
B
C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

UCUÛBA DA TERRA FIRME
VIROLA c.f. MICHELLI

ORIGEM : Curuá-Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.50 g/cm³; figura ausente; textura média a fina; grã-direita; brilho fraco; cor marrom-amarelo fraco.

USINABILIDADE : A madeira apresenta bom a excelentes resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação e lixamento (lixa nº 100)).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.6%; absorção inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.21; desorção contração em 1% por 1% alteração em teor de umidade 0.21. A madeira tem estabilidade dimensional ligeiramente inferior à espécie abeto e plátano europeu.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 186; frequência de ressonância (1ª harmônica) 508; frequência de ressonância (2ª harmônica) 1012 decaimento logarítmico 0.023; velocidade de propagação do som 4955.

APLICAÇÕES : Fundos de violinos, mecanismo do piano.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				SECA UNIDADE DA MADEIRA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLÚMÉ - TRICA		MÓDULO DE ELASTICIDADE X 1000	MÓDULO DE RUPTURA	MÓDULO DE RUPTURA	TENSÃO NO LIMITE PRO.	TENSÃO DE RUPTURA	EXTREMOS	FACES
	%	%	%		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg)	(kg)
0.50	8.3	4.6	13.7	121	972	522	60	101	671	472	

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
B C	B - DESVIO PADRÃO
	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

JACARANDÁ
DALBERGIA SPRUCEANA

ORIGEM

Maués (Amazonas)

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.92g/cm³; Figura distinta, lis-
tras conspicuas; Textura média; Grã direita a ondulada; Brilho forte;
Cor marrom-acinzentada escura.

USINABILIDADE : A madeira apresenta excelente resultados em todas as ope-
rações de usinagem (aplainamento, fresamento furação [topo, tangencial,
radial] torneamento e lixamento.

ESTABILIDADE DIMENSIONAL :

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 170; Frequência de res-
sonância (1ª harmonica) 496; Frequência de ressonância (2ª harmônica) 962;
Decaimento logarítmico 0.017; Velocidade de propagação do som 4599.

APLICAÇÕES :

Fundos e lados de violões

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS : Devido a alta densidade dessa madeira a de-
terminação das propriedades mecânicas tornam-se desnecessárias.

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDICÕES DE UMIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLU- MÉ- TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.92	8.1	4.2	12.7	SECA A 12%							

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

MACACAUBA
PLATYMISCIUM ULEI

ORICEM :

CURUÁ-UNA (PARÁ)

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.74 g/cm³; Figura distinta, lis-
tras conspicuas; Textura fina; Grã direita a ondulada; Brilho forte.;
Cor marrom fraco.

USINABILIDADE : Madeira fácil para trabalhar e apresenta excelentes re-
sultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento,
furação [topo, tangencial, radial] torneamento e lixamento.

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 2.6%; Absorção incha-
mento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.24; Desorção contra-
ção em % por 1% alteração em teor de umidade 0.24.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 176; Frequência de Res-
sônança (1ª harmônica) 518; Frequência de Ressonância (2ª harmônica)
1014, Decaimento logaritmico 0.017; Velocidade de Propagação do som
4676.

APLICAÇÕES :

Fundos e lados de violões.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				PROPRIEDADES MECÂNICAS							
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO			DE CONDICÕES UMIDADE DA MADEIRA	FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLÚME - TRICA		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
	%	%	%								
0 74	4 6	2 6	6 6	SECA A 12%	106	1039	543	111	98	914	911

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

MUIRACATIARA
ASTRONIUM LECOINTEI

ORIGEM

Curuá-Una (Pará)

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.72g/cm^3 ; Figura apresentando listras irregulares; Textura fina; Grã direita; Brilho médio: Cor marrom pálido.

USINABILIDADE : Em virtude das listras escuras existentes no tecido lenhoso, os resultados nas operações de usinagem tornam-se variáveis. Provavelmente pode-se conseguir melhores resultados usando-se outros ângulos de corte e velocidade (rpm) em aplainamento e fresamento. Recomenda-se usar lixa mais fina ($> n^{\circ} 100$).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.6%; Absorção : inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.36; Desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.23. A estabilidade dimensional da madeira mostra-se inferior as madeiras europeias Abeto e Plátano.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 180; Frequência de ressonância (1ª harmônica) 488; Frequência de ressonância (2ª harmônica) 952; Decaimento logarítmico 0.020; Velocidade de propagação do som 4804.

APLICAÇÕES :

Fundos de Violões, Fagotes.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				SECA CONDICÕES DE UMIDADE DA MADEIRA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm^3)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLUMÉ- TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm^2)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm^2)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm^2)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm^2)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm^2)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.72	7.4	4.6	12.9	115	1026	531	113	100	662	684	

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

FAVEIRA FOLHA FINA
PIPTADENIA SUAVEOLENS

ORIGEM

Reserva Florestal do Tapajós

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade Básica 0.77; Textura média: Grã cruzada irregular; Brilho médio; Figura : apresenta listras nos anéis de crescimento; Cor marrom-amarelo pálido.

USINABILIDADE : Comportamento da madeira em aplainamento : regular. Muito provável que em outro ângulo de corte e troca de velocidade (2pm) darão melhores resultados. Resultados de fresamento, furação e lixamento (lixa nº 100) : Bons a excelentes.

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta : 4.5%; Absorção, inchaço em % por 1% alteração em teor de umidade: 0.22; Desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade : 0.20. A madeira é ligeiramente menos instável que Plátano europeu.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de Ressonância 170; Frequência de Ressonância (1ª harmônica); Frequência de ressonância (2ª harmônica) 912 : Decaimento logarítmico 0.020; velocidade de propagação do som 4526.

APLICAÇÕES :

Fundos de violão, mecanismo do piano.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE UNIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLUMÉ - TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA - DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.77	7.8	4.5	12.7	SECA A 12%	134	1285	697	115	126	733	785

LEGENDA

A
B
C

A - VALOR MÉDIO

B - DESVIO PADRÃO

C - NÚMERO DE AMOSTRAS

CEDRO
CEDRELA ODORATA

ORIGEM Rondônia

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade Básica 0.43 g/cm³; figura ausente; textura grossa; grã direita; brilho fraco; cor marrom-amarelo claro.

USABILIDADE : Madeira fácil para trabalhar, mostrando bons resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação e lixamento).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.3%, absorção: Inchamento em 1% , alteração em teor de umidade 0.06; desorção contração em 1% alteração em teor de umidade 0.09. A madeira tem melhor estabilidade dimensional do que o abeto que é plátano europeu.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 142; frequência de ressonância (1ª harmônica) 406; frequência de ressonância (2ª harmônica) 800; decaimento logarítmico 0.025; velocidade de propagação do som 3770.

APLICAÇÕES : Braço de violão, violino, viola, etc.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDICÕES UMIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALMA - MENTO	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLÚME - TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.43	6.4	4.3	12.2	SECA A 12%	81	714	446	58	76	450	324

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

MOGNO
SWIETENIA MACROPHYLLA

ORIGEM :

Rondônia

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.48 g/cm³; figura distinta, listras conspícuas; textura média; grã entrecruzada; brilho fraco; cor marrom-amarelado pálido.

USINABILIDADE : É uma madeira relativamente difícil para trabalhar, por ser grã entrecruzada. Seu comportamento na operação de aplainamento : regular. Provavelmente outros ângulos de corte e troca de velocidade (rpm) apresentarão resultados melhores. Resultados de furação são de bons até excelentes. Recomenda-se usar uma lixa mais fina (> nº 100).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 3.3%; absorção : inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.08; desorção com tração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.16. Essa madeira tem alta estabilidade dimensional.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 166; frequência de ressonância (1ª harmônica) 446; frequência de ressonância (2ª harmônica) 871; decaimento logarítmico 0.019; velocidade de propagação do som 4422.

APLICAÇÕES : Braço de violão

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				CONDIÇÕES DE UMIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLÚMÉ - TRICA		MÓDULO DE ELASTICIDADE DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
	%	%	%								
0.48	5.7	3.3	9.9	SECA A 12%	66	562	323	72	89	517	435

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

URUCÚ DA MATA
BIXA ARBOREA

ORIGEM : Curuá-Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.30 g/cm³; figura apresentando listras em madeira em madeira (anéis de crescimento); textura média; grã-direita; brilho médio; cor marrom-amarelo acinzentado.

USINABILIDADE : Comportamento da madeira nas operações de aplainamento, fresamento e lixamento (lixa n.º 100), bom à excelente. Os resultados em furação variará de ruim (tang.) até excelente (topo). Recomenda-se usar brocas bem afiladas e troca de velocidade (rpm).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL : Contração radial absoluta 4.6%; absorção; inchamento em % por 1% alteração em teor de umidade 0.21; desorção contração em % por 1% alteração em teor de umidade 0.21. A madeira tem estabilidade dimensional ligeiramente inferior a espécie abeto e plátano europeu.

PROPRIEDADES ACÚSTICAS : Frequência de ressonância 172; frequência de ressonância (1ª harmônica) 485; frequência de ressonância (2ª harmônica) 950; decaimento logaritmico 0.20; velocidade de propagação do som 4572.

APLICAÇÕES : Braço de violão

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				CONDIÇÕES DE SECA UNIDADE DA MADEIRA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHAMENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLÚMÉTRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDADE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.30	6.1	9.7	9.7		77	555	365	40	64	396	198

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
B C	B - DESVIO PADRÃO
	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

CORAÇÃO DE NEGRO
SWARTZIA LAXIFLORA

ORIGEM Curuá-Una, Pará
Reserva Florestal de SUFRAMA

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Textura fina; grã direita à irregular; brilho fraco, apresentando figura com listras fracas nos anéis de crescimento; cor preto (acromático).

USINABILIDADE : A madeira apresenta excelentes resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação (topo, tang., radial, torneamento e lixamento)).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL :

PROPRIEDADES ACÚSTICAS :

APLICAÇÕES : Teclado, causa, queixeiros. Fabricação de clarinetas, oboês e flautas.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS : Devido a alta densidade dessa madeira a determinação das propriedades mecânicas tornam-se desnecessárias.

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDICÕES DE UMIDADE DA MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLU- MÉ- TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
1.00	10.0	6.5	17.0	SECA A 12%	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
B	B - DESVIO PADRÃO
C	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

GOMBEIRA
SWARTZIA LEPTOPETALA

ORIGEM :

Curuá-Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 0.83 g/cm³; figura ausente; textura fina; grã-direita; brilho médio; cor preto (acromático).

USINABILIDADE : Essa madeira apresenta excelentes resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação (topo, tang. rad.), torneamento e lixamento).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL :

PROPRIEDADES ACÚSTICAS :

APLICAÇÕES : Teclado, cauda, queixeiros, fabricação de clarinetas, oboés e flautas.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDICÕES DE MADEIRA	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO	ESTÁTICA	COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALMA- MENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLU- MÉ- TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE x 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
0.83	10.5	5.8	17.1	SECA A 12%	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA

A
B C

A - VALOR MÉDIO

B - DESVIO PADRÃO

C - NÚMERO DE AMOSTRAS

PRECIOSA
ANIBA CANELLILA

ORIGEM : Curuá-Una, Pará; Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 1.02 g/cm³, figura ausente; textura fina; grã-direita à irregular; brilho médio; cor marrom-amarelo acinzentado escuro.

USINABILIDADE : A madeira apresenta excelentes resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação, torneamento e lixamento).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL :

PROPRIEDADES ACÚSTICAS :

APLICAÇÕES : Fabricação de clarinetas, oboês e flautas.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS :

PROPRIEDADES FÍSICAS				SECA CONDIÇÕES DE UMIDADE DA MADEIRA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS						
DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALHA - MENTO	DUREZA	
	TANGENCIAL %	RADIAL %	VOLÚME - TRICA %		MÓDULO DE ELASTICIDA- DE X 1000 (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm ²)	EXTREMOS (kg)	FACES (kg)
1.02	8.7	5.7	15.2	181	1875	997	206	188	1500	1528	

LEGENDA

A		B	C

A - VALOR MÉDIO
B - DESVIO PADRÃO
C - NÚMERO DE AMOSTRAS

MUIRAPIXUNA
CASSIA SCLEROXYLON

ORIGEM :

Curuá-Una, Pará

CARACTERÍSTICAS GERAIS : Densidade básica 1.03 g/cm^3 ; figura apresentando listras irregulares, muito conspícuas; textura fina; grã direita; brilho médio; cor marrom-amarelado acinzentado escuro.

USINABILIDADE : A madeira apresenta excelentes resultados em todas as operações de usinagem (aplainamento, fresamento, furação (topo, tang. rad.), torneamento e lixamento (lixa nº 100)).

ESTABILIDADE DIMENSIONAL :

PROPRIEDADES ACÚSTICAS :

APLICAÇÕES : Fabricação de clarinetas, oboês e flautas

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS : Devido a alta densidade dessa madeira, a determinação das propriedades mecânicas tornam-se desnecessárias.

PROPRIEDADES FÍSICAS				DE CONDICÕES UNIDADE DA MADEIRA SECA A 12%	PROPRIEDADES MECÂNICAS					
DENSIDADE BÁSICA (g/cm^3)	CONTRAÇÃO				FLEXÃO ESTÁTICA	COMPRESSÃO PARALELA	COMPRESSÃO PERPEND.	CISALNAMENTO.	DUREZA	
	TANGENCIAL	RADIAL	VOLÚMÉ-TRICA		MÓDULO DE ELASTICIDADE X 1000 (kg/cm^2)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm^2)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm^2)	TENSÃO NO LIMITE PRO. (kg/cm^2)	TENSÃO DE RUPTURA (kg/cm^2)	EXTREMOS (kg)
1.03	7.7	4.9	11.0	-	-	-	-	-	-	-

LEGENDA

A	A - VALOR MÉDIO
B	B - DESVIO PADRÃO
C	C - NÚMERO DE AMOSTRAS

T A B L E S

A P P E N D I C E 3

TABELA 1 - LISTA DAS ESPÉCIES TESTADAS

NOME COMUM	NOME BOTÂNICO	ORIGEM DO MATERIAL
Amapá doce	<i>Brosimum parinarioides</i> subsp. <i>parinarioides</i> Ducke	Curuá-Una (Pará)
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Rondônia
Coração de negro*	<i>Swartzia laxiflora</i> Bong ex. Benth <i>Swartzia panacoco</i> (Aubl.) Cowan	Curuá-Una (Pará) Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus
Envira preta	<i>Onychopetalum amazonicum</i> Fries	Reserva Florestal de Tapajós
Faveira folha fina	<i>Piptadencia suaveolens</i> Mig.	Reserva Florestal de Tapajós
Freijó verdadeiro	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Curuá-Una (Pará)
Gumbeira*	<i>Swartzia leptopetala</i> Benth	Curuá-Una (Pará)
Jacarandã	<i>Dalbergia spruceanum</i> Benth	Maués (Amazonas)
Macacaúba	<i>Platymiscium duckei</i> Huber	Curuá-Una (Pará)
Marupã	<i>Simaruba amara</i> Aubl.	Curuá-Una, Pará; Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	Rondônia
Morototô	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Frodin	Curuá-Una, Pará; Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.
Muiracatiara*	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Curuá-Una (Pará)
Muirapixuna*	<i>Cassia scleroxylon</i> Ducke	Curuá-Una (Pará)
Munguba grande	<i>Pachira</i> spp.	Curuá-Una (Pará)
Parã-parã	<i>Jacaranda copaia</i> D. Dow	Curuá-Una, Pará; Reserva florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.
Preciosa*	<i>Aniba canellila</i> (H.B.K.) Mez.	Curuá-Una, Pará; Reserva Florestal da Superintendência da Zona Franca de Manaus.
Tachi-preto folha grande	<i>Tachigalia</i> c.f. <i>rusbyi</i> Harms	Curuá-Una (Pará)
Tauari	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke	Curuá-Una (Pará)
Ucuúba da terra firme	<i>Virola</i> c.f. <i>michelii</i> Heckel	Curuá-Una (Pará)
Urucú da mata	<i>Bixa arborea</i> Huber	Reserva Florestal de Tapajós (Pará)

* Espécies de madeiras selecionadas para instrumentos de sopro

TABELA 2 - DETERMINAÇÃO DAS CORES DAS MADEIRAS PRÉ-SELECIONADAS

NOME COMUM	COR	CÓDIGO
Amapã doce	Marrom-amarelo pálido	CIE Y, x, y 45.2, 0.388, 0.378 3 : 3 : 2
Cedro	Marrom-amarelado pálido	CIE \overline{Y}, x, y 35.7, 0.399, 0.371 4 : 3 : 2
Coração de Negro	Preto (acromático)	CIE \overline{Y}, x, y 8.2, 0.333, 0.331 7 : 0 : 6
Envira Preta	Amarelo-amarronzado acinzentado claro	CIE Y, x, y 48.4, 0.367, 0.374 2 : 2 : 2
Faveira Folha Fina	Marrom-amarelo pálido	CIE Y, x, y 35.3, 0.395, 0.381 3 : 3 : 2
Freijão Verdadeiro	Marrom-amarelo fraco	CIE Y, x, y 29.1, 0.386, 0.373 3 : 3 : 3
Gumbeira (alburno)	Marrom-amarelo pálido	CIE Y, x, y 41.2, 0.401, 0.397 3 : 3 : 2
(cerne)	Marrom-amarelo fraco	CIE Y, x, y 24.0, 0.400, 0.371 4 : 3 : 3
Jacarandã	Marrom-acinzentado escuro	CIE Y, x, y 11.3, 0.393, 0.360 5 : 2 : 5
Macacaúba	Marrom fraco	CIE Y, x, y 19.0, 0.425, 0.369 5 : 3 : 3
Marupã	Amarelo amarronzado acinzentado muito claro	CIE Y, x, y 64.8, 0.364, 0.365 2 : 2 : 1
Mogno	Marrom-amarelado pálido	CIE Y, x, y 35.6, 0.400, 0.364 4 : 3 : 2
Morototô	Marrom-amarelo acinzentado claro	CIE Y, x, y 45.7, 0.360, 0.367 3 : 2 : 2
Muiracatiara (listras)	Marrom-amarelo pálido	CIE Y, x, y 46.6, 0.387, 0.372 3 : 3 : 2
Muirapixuna	Marrom-amarelado acinzentado escuro	CIE Y, x, y 10.8, 0.375, 0.361 3 : 2 : 5
Munguba	Marrom-amarelo acinzentado claro	CIE Y, x, y 47.6, 0.374, 0.374 3 : 2 : 2
Parã-Parã	Marrom-amarelo acinzentado muito claro	CIE Y, x, y 60.6, 0.357, 0.363 3 : 2 : 1
Preciosa	Marrom-amarelo acinzentado escuro	CIE Y, x, y 11.0, 0.370, 0.366 3 : 2 : 5
Tachi-preto Folha Grande	Marrom-amarelo pálido	CIE Y, x, y 36.3, 0.396, 0.393 3 : 3 : 2
Tauari	Marrom-amarelo muito pálido	CIE Y, x, y 51.3, 0.379, 0.380 3 : 3 : 1
Ucuúba da Terra Firme	Marrom-amarelo fraco	CIE Y, x, y 31.2, 0.401, 0.379 3 : 3 : 3
Urucú da Mata	Marrom-amarelo acinzentado	CIE Y, x, y 47.7, 0.357, 0.356 3 : 2 : 2

FONTE LUMIHOSSA: XENON

ILUMINAÇÃO: d/0

Coordenadas da cromaticidade, x, y , e a refletância luminosa, y - de acordo com as normas CIE no segundo nível padrão do sistema colorímetro - pode ser convertido para anotação de cor MUNSSELL seguindo a Norma ASTM D 1535.

TABELA 3 - MUDANÇA DE COR DE CORAÇÃO DE NEGRO EM CONTATO COM A LUZ E AR.

COR	CÓDIGO	TEMPO
Marrom amarelado fraco	CIE Y,x,y 21.1 , 0.424 , 0.380 4 : 3 : 3	11:00
Amarelo verde	CIE Y,x,y 17.7 , 0.306 , 0.448 23 : 5 : 4	11:30
Amarelo verde	CIE Y,x,y 16.1 , 0.315 , 0.437 23 : 4 : 4	11:40
Verde amarelado forte	CIE Y,x,y 14.6 , 0.247 , 0.467 22 : 7 : 4	11:50
Verde amarelado forte	CIE Y,x,y 13.9 , 0.254 , 0.461 22 : 6 : 4	11:55
Verde amarelado forte	CIE Y,x,y 13.4 , 0.244 , 0.460 22 : 7 : 4	12:00
Marrom acinzentado escuro	CIE Y,x,y 10.3 , 0.400 , 0.341 6 : 2 : 5	15:00
Marrom acinzentado averme lhado escuro	CIE Y,x,y 9.7 , 0.415 , 0.323 8 : 3 : 5	16:00
Marrom acinzentado escuro	CIE Y,x,y 8.9 , 0.381 , 0.340 6 : 2 : 5	18:00
Amarelo amarronzado escuro	CIE Y,x,y 7.3 , 0.327 , 0.344 2 : 1 : 6	10:00 next day
Marrom amarelo escuro	CIE Y,x,y 7.9 , 0.346 , 0.348 3 : 1 : 6	11:00
Marrom escuro	CIE Y,x,y 8.0 , 0.355 , 0.345 5 : 1 : 6	12:00

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES PRÉ-SELECIONADAS

NOME COMUM	FIGURA	TEXTURA	GRÃ	BRILHO
Amapã Doce	Distinta listras conspícuas	média	entrecruzada	fraco
Cedro	Ausente	grossa	direita	fraco
Coração de Negro	Listras fracas (anéis de crescimento)	fina	direita à irregular	fraco
Envira Preta	Listras fracas (anéis de crescimento)	média	direita	fraco
Faveira Folha Fina	Listras fracas (anéis de crescimento)	média	cruzada irregular	médio
Freijão Verdadeiro	Distinta, listras conspícuas	média	direita	forte
Gombeira	Ausente	fina	direita	médio
Jacarandã	Distinta, listras conspícuas	média	direita à ondulada	forte
Macacaúba	Distinta, listras conspícuas	fina	direita à ondulada	forte
Marupã	Ausente	média	direita	médio
Mogno	Distinta, listras conspícuas	média	entrecruzada	fraco
Morototô	Listras fracas (anéis de crescimento)	média	direita	médio
Muiracatiara	Listras irregulares, muito conspícuas	fina	direita	médio
Muirapixuna	Listras fracas (anéis de crescimento)	fina	direita	médio
Munguba	Ausente	média	direita	fraco
Parã-Parã (Caroba)	Ausente	média	direita	fraco
Preciosa	Ausente	fina	direita à irregular	médio
Tachi-Preto	Distinta, listras onduladas conspícuas	média	irregular	forte
Tauari	Distinta, listras conspícuas	média	direita	médio
Ucuúba	Ausente	média e fina	direita	fraco
Urucú da Mata	Listras fracas (anéis de crescimento)	média	direita	médio

TABELA 5 - PROPRIEDADES FÍSICAS DAS MADEIRAS PRÉ-SELECIONADAS

NOME COMUM	PESO ESPECÍFICO BÁSICO (PE SO SECO, VOLUME ME VERDE) g/cm ³	CONTRAÇÕES			
		VOLÚMETRICA %	TANGENCIAL %	RADIAL %	RAZÃO (C _T /C _R)
Amapã doce	0.54	13.3	7.9	4.9	1.61
Cedro	0.37	12.2	6.7	4.3	1.56
Coração de negro	1.00	17.0	10.0	6.5	1.55
Envira preta	0.54	15.4	8.6	6.0	1.44
Faveira folha fina	0.77	12.7	7.8	4.5	1.75
Freijão verdadeiro	0.49	14.5	8.1	5.7	1.43
Gombeira	0.83	17.1	10.5	5.8	1.80
Jacarandã	0.92	12.7	8.1	4.2	1.94
Macacaúba	0.74	6.6	4.6	2.6	1.8
Marupã	0.40	10.7	6.6	3.4	1.94
Mogno	0.48	9.9	5.7	3.3	1.73
Morototô	0.51	23.0	13.2	8.1	1.62
Muiracatiara	0.72	12.9	7.4	4.6	1.61
Muirapixuna	1.03	11.0	7.7	4.9	1.61
Munguba	0.50	13.3	10.0	4.5	2.23
Parã-Parã	0.33	16.1	9.0	6.0	1.50
Preciosa	1.02	15.2	8.7	5.7	1.53
Tachi-Preto	0.63	13.8	8.4	4.7	1.77
Tauari	0.49	11.3	6.4	4.2	1.51
Ucuúba da terra firme	0.50	13.7	8.3	4.6	1.79
Urucú da mata	0.30	9.7	6.1	3.1	1.97

TABELA 6 - PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS ESPÉCIES PRÉ-SELECIONADAS

ESPÉCIES	PESO ESPECÍFICO (PESO SECO/VOLUME VERDE) g/cm ³	FLEXÃO ESTÁTICA		COMPRESSÃO		TRACÃO	CISALHAMENTO	DUREZA (JANKA)		OBSERVAÇÕES
		MOR	MOE	C //	C ⊥	T	MÁXIMA RESISTÊNCIA PARALELA			
				MÁXIMA RESISTÊNCIA	ESFORÇO LIM. PROP.	MÁXIMA RESISTÊNCIA				
		Kg/cm	100Kg/cm	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg	
Amapá Doce <i>Brosimum parinarioides</i>	0.57 (0.54)	1043	115	581	82	30	102	734	567	
Cedro	0.36* (0.37)	553	70	312	-	-	-	-	227	*Wood Handbook
Cedreia odorata	(0.43)**	714	81	446	58	38	76	450	324	** Technical Series Nº 6
Envira preta <i>Onychopetalum amazonicum</i>	0.64 (0.54)	1265	140	710	64	29	104	822	695	
Faveira Folha Fina <i>Piptadencia suaveolens</i>	0.72 (0.77)	1285	134	697	115	51	126	733	785	
Freijó Verdadeiro <i>Cordia goeldiana</i>	0.48 (0.49)	932	104	517	62	31	85	608	452	
Macacaúba <i>Platymiscium ulei</i>	0.75**	1039	106	543	111	60	98	914	911	Green conditions **Technical Series Nº 6
Marupá <i>Simaruba amara</i>	0.38 (0.40)	664	82	352	47	32	71	439	267	
Mogno <i>Swetenia macrophylla</i>	0.52 (0.48)	562	66	323	72	49	89	517	435	
Morototô <i>Schefflera morototoni</i>	0.39 (0.51)	725	113	405	46	62	105	489	357	
Muiracatiara <i>Astronium lecointei</i>	0.72** (0.75)	1026	115	531	113	69	100	662	684	**Technical Series Nº 6
Parã-Parã <i>Jacaranda copaia</i>	0.31 (0.33)	562	89	313	31	29	61	336	194	
Preciosa <i>Aniba canelilla</i>	0.92 (1.02)	1875	181	997	206	28	188	1500	1528	
Tachi-Preto <i>Tachigalia myrmecophylla</i>	0.53 (0.63)	1070	112	578	93	40	122	762	562	
Tauari <i>Couratari oblongifolia</i>	0.49 (0.49)	905	108	477	62	37	87	542	380	
Ucuúba da Terra Firme <i>Xylocarpus michellii</i>	0.50 (0.50)	972	121	522	60	49	101	671	472	
Urucú da Mata <i>Bixa arborea</i>	0.32 (0.30)	555	77	365	40	24	64	396	198	

* WOOD HANDBOOK, FPL, FOR SERVICE, U.S. DEPT. OF AGRICULTURE, Nº 72, 1974⁽⁴⁾.

** ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA, SERIE TÉCNICA Nº 6, PNUD-FAO-IBDF/BRA-46, 1976.

OUTROS DADOS: MADEIRAS DA AMAZÔNIA, VOLUME I, FLORESTA NACIONAL DE TAPAJÓS, IBDF/CNPq, 1981⁽¹⁰⁾.

TABELA 7 - PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS MADEIRAS TRADICIONAIS

ESPÉCIES (JÁ EM USO PARA INSTRUMENTOS MUSICAIS)	PÉSO ESPECÍFICO	CONTRAÇÕES				PROPRIEDADES MECÂNICAS									
		VOLUME-TRICA	TANGENCIAL	RADIAL	RAZÃO CT/CR	FLEXÃO		COMPRESSÃO		TRAÇÃO		CISALHAMENTO	DUREZA (JANKA)		
						MOR	MOE	C //	C ⊥	T //	T ⊥		MÁXIMA RESISTÊNCIA	EXTREMO	LADO
						Kg/cm ²	1000x Kg/cm ²	MÁXIMA RESISTÊNCIA Kg/cm ²	ESFORÇO LIM. PROP. TENSÃO Kg/cm ²	MÁXIMA RESISTÊNCIA Kg/cm ²	MÁXIMA RESISTÊNCIA Kg/cm ²		Kg/cm ²	KG	KG
NOME COMUM E CIENTÍFICO	G/CM ³	%	%	%											
1. <i>Picea abies</i> 2,10) European spruce	$\alpha_0=0.43$ $\alpha_{15}=0.47$	12.0	7.8	3.6	2.17	660	110	430	-	900	-	67	-	-	
						92	710	421	-	-	84	-	208		
2. <i>Picea sitchensis</i> 4) Sitka spruce	0.40	11.5	7.5	4.3	1.7	721	110	396	41	-	26	81	-	232	
3. <i>Picea glauca</i> Eastern Canadian Spruce	0.40	13.7	8.2	4.7	1.7	688	94	384	40	-	27	75	276	217	
4. <i>Acer pseudoplatanus</i> 1) Sycamore	$\alpha_0=0.59$ $\alpha_{15}=0.63$	11.5	8.0	3.0	2.7	1120	94	580	-	820	-	90	-	-	
						950	94	490	-	820	-	90	-	-	
		12.8	8.5	4.4	1.9	1090	114	570	-	1440	-	107	-	-	
5. <i>Acer platanoides</i> 1) European maple	$\alpha_0=0.62$ $\alpha_{15}=0.66$	12.1	8.4	3.2	2.6	1370	113	620	-	1000	-	90	-	-	
						1348	90	490	-	1550	-	124	-	-	
6. <i>Acer saccharum</i> 4) Sugar maple	0.56 (2% M.C.)	14.7	9.9	4.8	2.1	1117	129	553	52	-	-	164	-	659	
7. <i>Acer nigrum</i> 4) Rock maple	0.57	-	8.0	4.0	2.0	920	112	461	70	-	46	125	-	520	
8. <i>Buxus sempervirens</i> European boxwood	0.90	-	-	-	-	1335	-	738	-	-	-	-	-	1282	
9. <i>Carya tomentosa</i> 4) Mockernut Hickory	0.64	17.8	11.0	7.7	1.4	1357	146	632	122	-	-	123	-	-	
10. <i>Carya glabra</i> 4) Shellbark hickory	0.62	19.2	12.6	7.6	1.6	1279	133	565	127	-	-	149	-	-	
11. <i>Dalbergia melanoxylon</i> African blackwood	0.95	10.8	7.1	2.9	2.4	1414	210	703	-	-	-	-	-	-	
12. <i>Dalbergia retusa</i> Granadilla	0.90	10.4	6.8	2.9	2.3	-	162	-	-	-	-	-	-	-	
13. <i>Diospyros</i> spp. African ebony	0.90	-	6.0	3.5	1.7	1414	100	632	-	-	-	-	-	-	
14. <i>Caesalpinia echinata</i> Pau Brasil	1.25	14.4	7.9	4.4	1.8	-	320	-	-	-	-	-	-	-	
15. <i>Dalbergia nigra</i>	0.87	14.1	10.2	4.9	2.1	1383	119	644	-	-	96	139	-	-	

TABELA 8 - INCHAMENTO E CONTRAÇÃO RADIAL EM % POR 1% ALTERAÇÃO EM TEOR DE UMIDADE

NOME COMUM	CONTRAÇÕES RADIAL ABSOLUTA %	ABSORÇÃO INCHAMENTO EM % POR 1% ALTERAÇÃO EM TEOR DE UMIDADE	DESORÇÃO CONTRAÇÃO EM % POR 1% ALTERAÇÃO EM TEOR DE UMIDADE
European spruce ²⁾	3.6 - 4.0	0.19	-
European maple ¹⁾	3.2 - 4.9	0.10 - 0.20	-
Cedro	4.3	0.06	0.09
Mogno	3.3	0.08	0.16
Urucū da Mata	3.1	0.09	0.08
Munguba	4.5	0.12	0.13
Parā-Parā	5.4	0.12	0.09
Marupā	3.4	0.16	0.14
Ucuūba	4.6	0.21	0.21
Amapā Doce	4.9	0.22	0.27
Envira Preta	3.9	0.22	0.23
Faveira Folha Fina	4.5	0.22	0.20
Morototō	8.1	0.23	0.25
Tuari	4.2	0.23	0.20
Freijō	4.1	0.24	0.21
Macacaūba	2.6	0.24	0.24
Tachi-Preto	4.7	0.27	0.29
Muiracatiara	4.6	0.36	0.23

TABELA 9 - PROPRIEDADES ACÚSTICAS DAS ESPÉCIES PRÉ-SELECIONADAS PARA INSTRUMENTOS DE CORDAS (SEGUNDO RABELO, LPF, BRASÍLIA)

NOME COMUM	Fr Hr	Fr 1 ^o Hr	Fr 2 ^o Hr	DL m/sec.	C m/sec.	PÉSO ESPECÍFICO A BASE DE 12% T.U. g/cm ³
I. ESPÉCIES ADEQUADAS PARA FABRICAÇÃO DO "TAMPO"						
European Spruce	187	514	1014	0.021	4977	0.33-0.47-0.68-0.47
Envira Preta	186	504	992	0.019	4945	0.62
Freijó	195	535	1044	0.014	5173	0.51
Marupã	170	466	921	0.021	4519	0.43
Morototô	202	549	1064	0.020	5361	0.52
Munguba	178	478	934	0.021	4733	0.57
Parã-Parã	187	480	938	0.022	4978	0.44
Urucú da Mata	172	485	950	0.020	4572	0.34
II. ESPÉCIES ADEQUADAS PARA FABRICAÇÃO DO "FUNDO"						
European Maple	148	404	784	0.026	3928	0.53-0.63-0.79* 0.56-0.66-0.81**
Amapã Doce	186	575	998	0.023	4959	0.69
Cedro	142	406	800	0.025	3770	0.44
Faveira da Folha Fina	170	469	912	0.020	4526	0.82
Jacarandã	170	496	962	0.017	4599	1.02
Macacaúba	176	518	1014	0.017	4675	0.75
Mogno	166	446	871	0.019	4422	0.53
Muiracatiara	180	488	952	0.020	4804	0.76
Tachi-Preto	176	484	942	0.020	4687	0.72
Tauari	172	472	926	0.027	4571	0.52
Ucuúba	186	508	1012	0.023	4955	0.64

* Bergahorm
** Spitzahorm

Parâmetros:

Fr = Frequência de ressonância

Fr₁^o = Frequência de ressonância (1^a Harmônica)

Fr₂^o = Frequência de ressonância (2^a Harmônica)

DL = Decaimento logarítmico

C = Velocidade de propagação do som

TABELA 10 - PROPRIEDADES DE USINABILIDADE

ESPÉCIES	APLAINAMENTO		FRESAMENTO		FURACÃO			LIXAMENTO			TORNEAMENTO	
	QUALIDADE	DEFEITO PREDOMINANTE	QUALIDADE	DEFEITO PREDOMINANTE	QUALIDADE			QUALIDADE Nº DE LIXA 80 100	DEFEITO PREDOMINANTE	QUALIDADE	DEFEITO PREDOMINANTE	
					TOPO	RADIAL	TANGENCIAL					
Amapá Doce	regular	grã felpada	regular	lascamento	excelente	excelente	regular	regular	regular	lascamento	-	-
Cedro	bom	nenhum	bom	nenhum	bom	bom	bom	bom	excelente	nenhum	-	-
Coração de Negro	excelente	lascamento	excelente	nenhum	excelente	excelente	excelente	excelente	excelente	nenhum	excelente	nenhum
Envira Preta	excelente	lascamento	excelente	grã felpada	excelente	excelente	excelente	excelente	excelente	nenhum	-	-
Faveira Folha Fina	regular	lascamento	excelente	lascamento	excelente	bom	bom	bom	excelente	nenhum	-	-
Freijó	excelente	lascamento	bom	grã felpada	excelente	bom	excelente	bom	excelente	nenhum	-	-
Gumbeira	excelente	nenhum	excelente	nenhum	excelente	excelente	excelente	excelente	excelente	nenhum	excelente	nenhum
Jacarandá	excelente	nenhum	excelente	nenhum	excelente	excelente	excelente	excelente	excelente	nenhum	excelente	nenhum
Macacaúba	excelente	nenhum	excelente	nenhum	excelente	excelente	excelente	bom	excelente	nenhum	excelente	nenhum
Marupá	excelente	nenhum	excelente	grã felpada	bom	bom	regular	bom	excelente	nenhum	-	-
Mogno	regular	lascamento	ruim	grã felpada	excelente	excelente	bom	ruim	regular	grã felpada	-	-
Norotô	excelente	lascamento	ruim	grã felpada	regular	regular	ruim	ruim	regular	grã felpada	-	-
Muiracatiara	ruim	lascamento	bom	grã felpada	excelente	bom	bom	ruim	regular	regular	excelente	nenhum
Muirapixuna	excelente	nenhum	excelente	nenhum	excelente	excelente	excelente	excelente	excelente	nenhum	excelente	nenhum
Munguba Grande	excelente	lascamento	excelente	nenhum	excelente	excelente	bom	bom	excelente	nenhum	-	-
Parã-Parã	excelente	lascamento	ruim	grã felpada	regular	regular	ruim	ruim	regular	grã felpada	-	-
Preciosa	excelente	nenhum	excelente	nenhum	excelente	excelente	excelente	excelente	excelente	nenhum	excelente	nenhum
Tachi-Preto	excelente	lascamento	ruim	grã felpada superfície queimada pelo conteúdo da resina	bom	bom	bom	bom	bom	superfície queimada	-	-
Tauari	excelente	lascamento	excelente	nenhum	bom	regular	regular	bom	excelente	nenhum	-	-
Ucuúba	excelente	lascamento	bom	lascamento	excelente	bom	bom	bom	bom	grã felpada	-	-
Ucuúba da Mata	excelente	lascamento	bom	lascamento	excelente	regular	ruim	bom	excelente	nenhum	-	-

TABELA II - AGRUPAMENTO DAS PROPRIEDADES DAS ESPÉCIES TRADICIONAIS E DAS ESPÉCIES BRASILEIRAS

ESPÉCIES	COR	FIGURA	TEXTURA	GRÃ	PESO ESPECÍFICO G/CM ³	CONTRAÇÕES				FLEXÃO ESTATICA		COMPRESSÃO // RESISTÊNCIA T.M. KG/CM ²	ABSORÇÃO INCHAMENTO RADIAL POR IX	FREQUÊNCIA DE RES-SONH- CIA Hz	DECAIMEN- TO LOGARIT- MICO	PESO ESPECÍ- FICO (BASE 12X T.U.) G/CM ³	
						VOL. %	TANG. %	RAD. %	T/R	MOR KG/CM ²	MOF KG/CM ² x 10 ³						
European Spruce	marron amarelado	listras conspicuas	média	direita	r ₉₀ =0.43 r ₁₅ =0.47	12.0	7.8	3.6	2.1	660	110	430	0.19	187	0.021	0.47	
European Maple	branco amarelado	listras conspicuas	uniforme fina	direita	r ₉₀ =0.59 r ₁₅ =0.66	11.5 12.8 13.8	8.0 8.5 9.0	3.0 4.4 4.9	2.7 1.9 1.8	1120 950 1090 1370	94 114 113 121	580 490 570 620	0.10-0.20	148	0.026	0.63	
Amapá doce	marron amarelado pálido	poucas bandas distintas	média	entrecruzada	0.54	13.3	7.9	4.9	1.6	1043	146	581	0.22	186	0.023	0.69	
Cedro	marron amarelado pálido	ausente	grossa	direita	0.37 0.43	12.2	6.7	4.3	1.6	553 714	70 81	312 446	0.06	142	0.025	0.44	
Coração de Negro	preto (acromático)	listras conspicuas fracas	fina	direita irregular	1.00	17.0	10.0	6.5	1.5	-	-	-	-	-	-	-	
Envira preta	amarelo a marronzado acinzentado claro	listras conspicuas fracas	média	direita	0.54	15.4	8.6	6.0	1.4	1265	140	710	0.22	186	0.019	0.62	
Faveira	marron amarelado pálido	listras conspicuas fracas	média	cruzada irregular	0.77	12.7	7.8	4.5	1.7	1285	134	697	0.22	170	0.020	0.82	
Freijó	marron amarelado fraco	distinta, listras conspicuas fracas	média	direita	0.49	14.5	8.1	5.7	1.4	932	104	517	0.24	195	0.014	0.51	
Gombeira	preto	ausente	fina	direita	0.83	17.1	10.5	5.8	1.8	-	-	-	-	-	-	-	
Jacarandá	marron acinzentado escuro	distinta, listras conspicuas fracas	média	direita	0.92	12.7	8.1	4.2	1.9	-	-	-	-	-	170	0.017	1.02
Macacaúba	marron fraco	distinta, listras conspicuas fracas	fina	direita	0.74	6.6	4.6	2.6	1.8	1039	106	543	0.24	176	0.017	0.75	
Marupá	amarelo a marronzado acinzentado muito claro	ausente	média	direita	0.40	10.7	6.6	3.4	1.9	664	82	352	0.16	170	0.021	0.43	
Nogno	marron amarelado pálido	poucas bandas distintas	média	entrecruzada	0.48	9.9	5.7	3.3	1.7	562	66	323	0.08	166	0.019	0.53	
Norototó	marron-amarelado acinzentado fraco	listras conspicuas fracas	média	direita	0.51	23.0	13.2	8.1	1.6	725	113	405	0.23	202	0.020	0.52	
Muiracatiara	marron amarelado pálido	listras irregulares fortemente contrastadas de coloração marron escuro	fina	direita	0.72	12.9	7.4	4.6	1.6	1026	115	531	0.36	180	0.020	0.76	
Muirapixuna	marron amarelado acinzentado escuro	listras conspicuas fracas	fina	direita	1.03	11.0	7.7	4.9	1.6	-	-	-	-	-	-	-	
Munguba	marron amarelado acinzentado claro	ausente	média	direita	0.50	13.3	10.0	4.5	2.2	-	-	-	0.12	178	0.021	0.57	
Pará-Pará	amarelo a marronzado acinzentado muito claro	ausente	média	direita	0.33	16.1	9.0	6.0	1.5	562	89	313	0.12	187	0.022	0.44	
Preciosa	marron amarelado acinzentado escuro	ausente	fina	direita a irregular	1.02	15.2	8.7	5.7	1.5	1875	181	997	-	-	-	-	
Tachi-preto	marron amarelado pálido	distinta, listras lispiuas listradas onduladas	média	irregular	0.63	13.8	8.4	4.7	1.8	1070	112	578	0.27	176	0.020	0.72	
Tauri	amarelo muito pálido	distinta, listras conspicuas	média	direita	0.49	11.3	6.4	4.2	1.5	905	108	477	0.23	172	0.027	0.52	
Ucuúba	amarelo a marronzado fraco	ausente	média e fina	direita	0.50	13.7	8.3	4.6	1.8	972	121	522	0.21	186	0.023	0.64	
Urucú	marron amarelado acinzentado claro	listras conspicuas fracas	média	direita	0.30	9.7	6.1	3.1	2.0	555	77	365	0.09	172	0.023	0.34	

FIGURAS

APENDICE 4

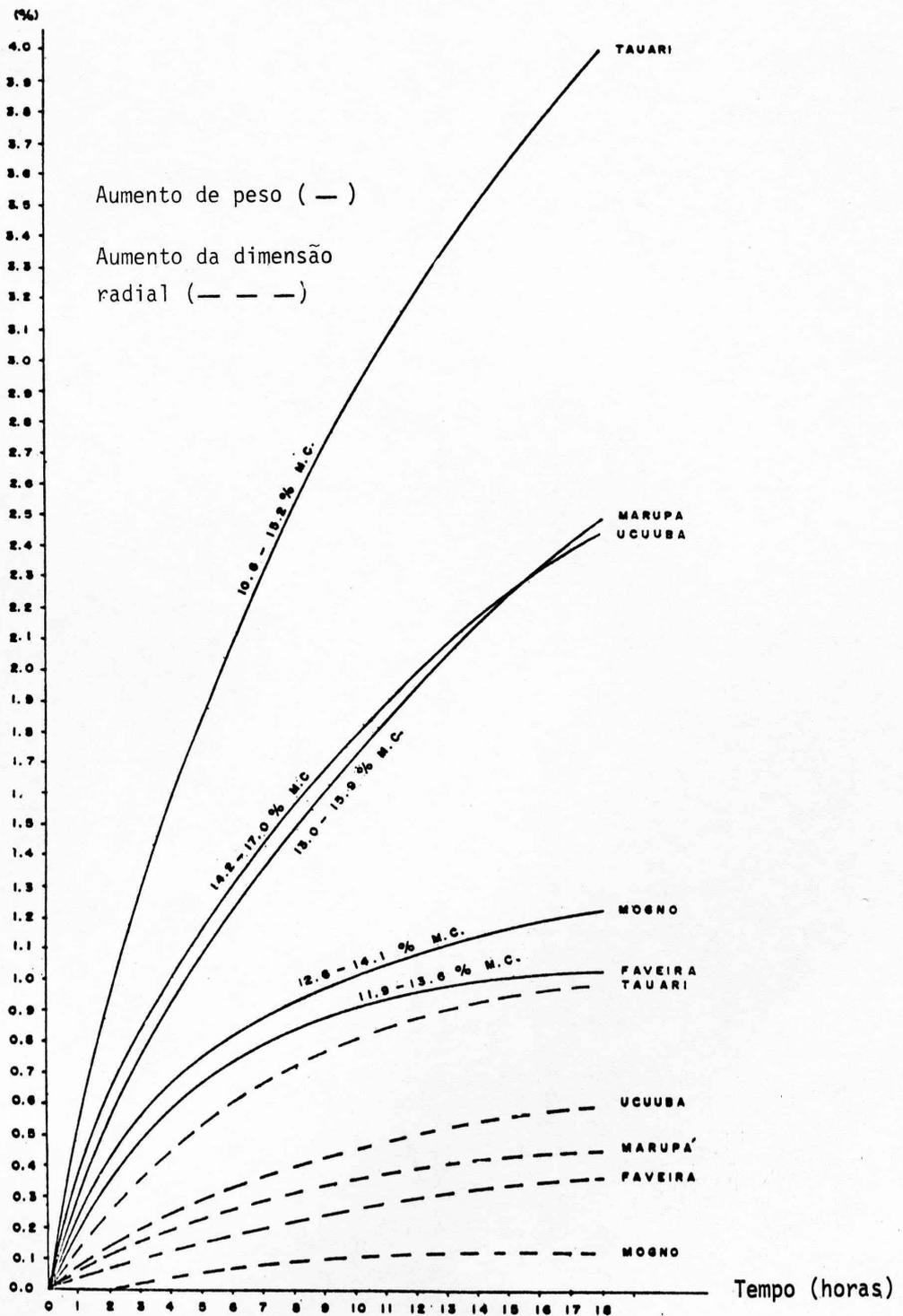


Fig. 1 - Curvas de absorção de umidade (estabilidade dimensional)

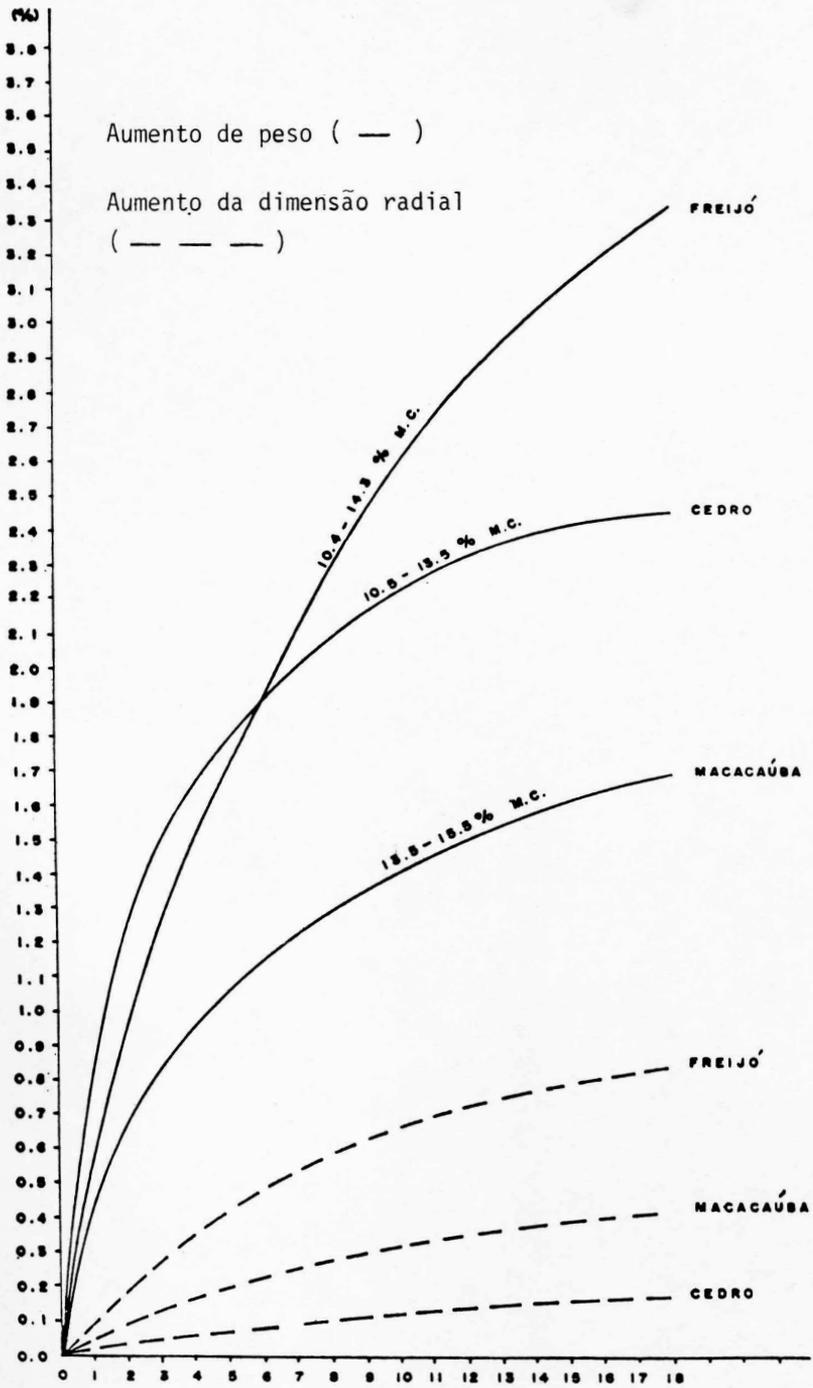


Fig. 2' - Curvas de absorção de umidade (estabilidade dimensional)

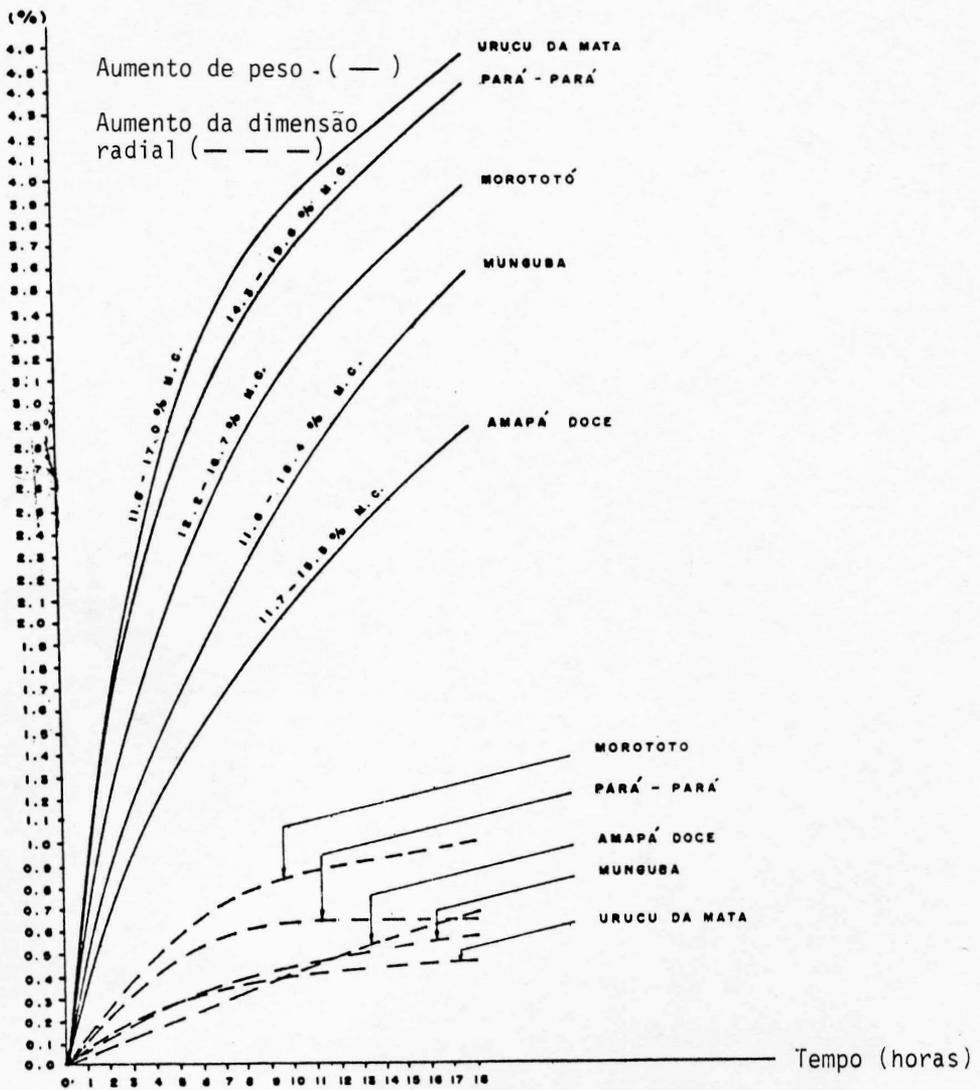


Fig. 3 - Curvas de absorção de umidade (Estabilidade dimensional)

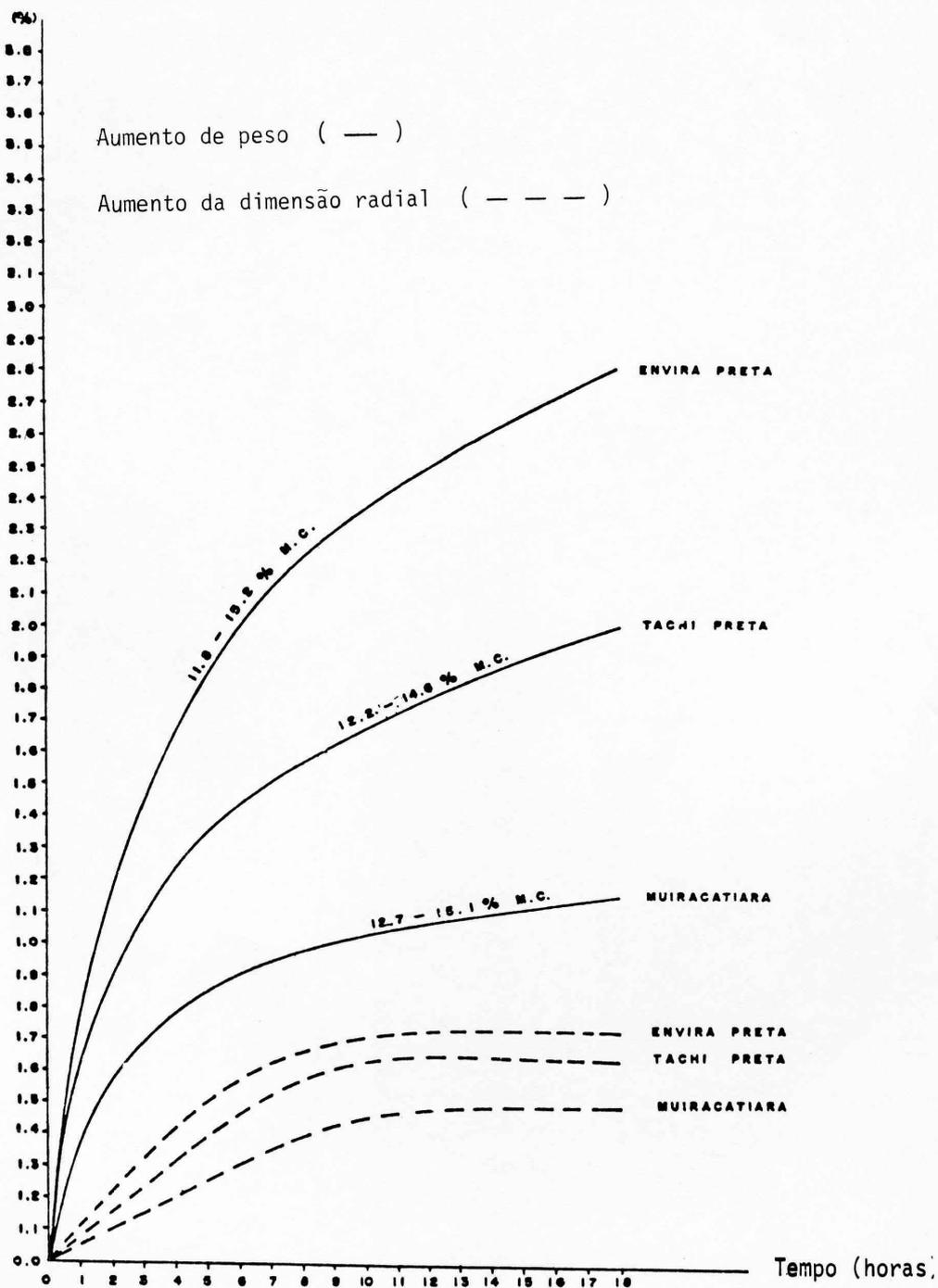


Fig. 4 - Curvas de absorção de umidade (Estabilidade Dimensional)

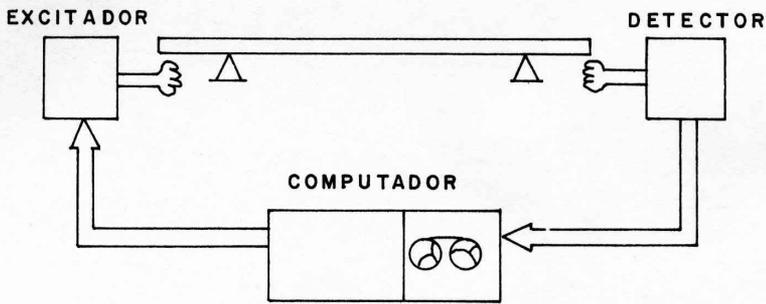


Fig. 5 - Diagrama do equipamento usado para realização dos testes de frequência

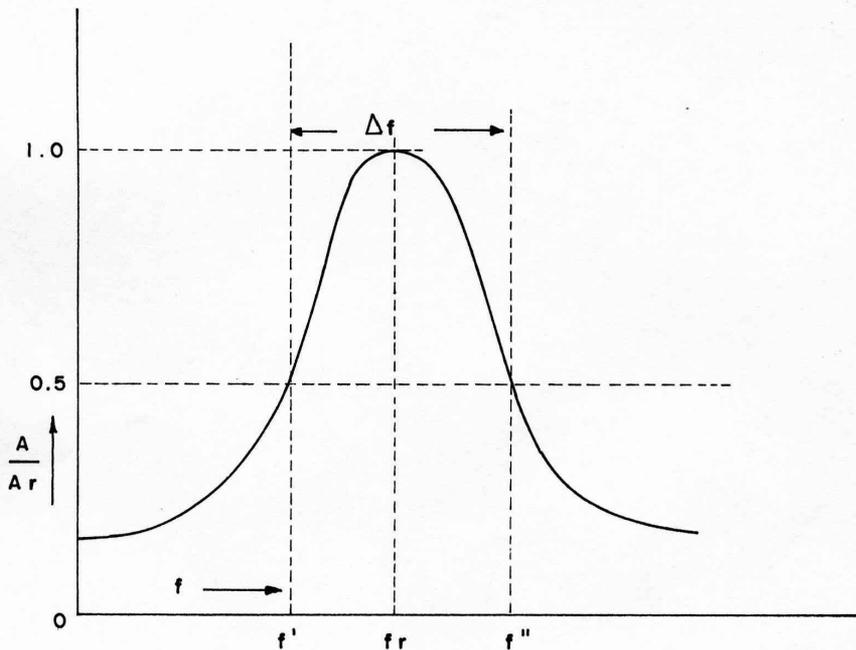


Fig. 6 - Curva de frequência