UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Guaratinguetá
2001

1110000456

"Resistência à Abrasão de Madeira e Bambu Laminados Colados Utilizados Como Elementos de Piso "

ROBERTO CURSINO KOGA

140

CARO LEITOR NÃO
RISQUE O LIVRO

RESISTÊNCIA À ABRASÃO DE MADEIRA E BAMBU LAMINADO COLADO UTILIZADOS COMO ELEMENTOS DE PISO

ROBERTO CURSINO KOGA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista, na área de Projetos e Materiais, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador: Profª. Dra. Rosa Maria Bittencourt

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

FACULDADE DE ENGENHARIA
DE GUARATINGUETÁ
BIBLIOTECA

Guaratinguetá

2001

456

R$ 20,00
Doação

Ficha catalográfica preparada na Seção de Aquisição e Tratamento da Informação da Biblioteca – FEG/UNESP

Koga, Roberto Cursino
K78 Resistência à abrasão de madeira e bambu laminados colados utilizados como elementos de piso / Roberto Cursino Koga. Guaratinguetá, 2001
117f.: il.; 30cm

Bibliografia: f.113 - 117
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2001.
Orientador (a): Prof[a]. Dr[a]. Rosa Maria Bittencourt

1. Desgaste abrasivo 2. Madeira I. Título

CDU 621.891

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

"RESISTÊNCIA À ABRASÃO DE MADEIRA E BAMBU LAMINADOS COLADOS UTILIZADOS COMO ELEMENTOS DE PISO"

ROBERTO CURSINO KOGA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA"

ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETOS E MATERIAIS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. José Luz Silveira
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Profª. Drª. ROSA MARIA BITTENCOURT
Orientadora / Unesp-Feg

Prof. Dr. MARCELO DOS SANTOS PEREIRA
Unesp-Feg

Prof. Dr. ANTONIO LUDOVICO BERALDO
UNICAMP

Abril de 2001



DADOS CURRICULARES

ROBERTO CURSINO KOGA

NASCIMENTO	07.04.73 – TAUBATÉ / SP
FILIAÇÃO	Antonio Koga Odila Cursino Koga
1987/1990	Curso Técnico em Mecânica
1991/1996	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica Universidade de Taubaté - UNITAU

unesp

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo amor, paciência, sabedoria, fé e esperança nas horas mais difíceis.

Em especial ao meu pai Antonio Koga (*in memoriam*), à minha mãe Odila e minha irmã Andrea, às quais devo tudo o que sou e que me mostraram os caminhos dos valores éticos, morais e da verdade.

À Professora Rosa, pela amizade.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

AGRADECIMENTOS

À Prof.a Dra. Rosa Maria Bittencourt pela excelente orientação científica, tecnológica, pedagógica como também pelo otimismo, incentivo, paciência, dedicação e confiança depositada na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves pela transmissão formal e informal de seus conhecimentos, dedicação, estímulo na co-orientação e na amizade.

À EMPRESA NOVO PISO, em especial ao técnico Ronaldo de Morais Oliveira.

A unidade de BAURU/UNESP que confeccionaram os corpos de prova para os ensaios.

Aos demais professores do Departamento de Materiais e Tecnologia – FEG/UNESP, em especial ao professor Dr. Sérgio João Crnkovic.

Aos funcionários e técnicos do Departamento de Materiais e Tecnologia – FEG/UNESP, em especial aos técnicos Célio José de Souza, Domingos Hasmann Neto e Wilson Roberto Monteiro e à secretária Maria Aparecida Alkmin.

Aos colegas da FEG/UNESP, em especial ao companheiro de jornada e amigo Marcelo José Bondioli e José Victor Candido de Souza.

À Aparecida Salete de Moura, pela revisão gramatical.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.



Há grandes homens que fazem com que todos se sintam pequenos. Mas o verdadeiro grande homem é aquele que faz com que todos se sintam grandes.

Gilbert Keith Chesterton, escritor inglês

SUMÁRIO

Folha de rosto..... 01
Folha de aprovação..... 02
Dados curriculares..... 03
Dedicatória..... 04
Agradecimento..... 05
Apoio financeiro..... 05
Epígrafe..... 06
Sumário..... 07
Lista de figuras..... 11
Lista de tabelas..... 12
Lista de gráficos..... 14
Resumo..... 16
Abstract..... 17

1 INTRODUÇÃO..... 18
1.1 Justificativa..... 20
1.2 Objetivo da pesquisa..... 21
1.3 Metodologia..... 21
1.4 Estrutura do trabalho 22

PARTE A – TEÓRICA

2. MADEIRA..... 24
2.1 Generalidades..... 24
2.2 Classificação da madeira..... 25
2.3 Estrutura da madeira..... 25
2.3.1 Estrutura macroscópica do caule 26

2.3.2 Estrutura microscópica do caule 30
2.4 Propriedades da madeira..... 32
2.4.1 Teor de umidade..... 32
2.4.2 Retratibilidade..... 32
2.4.3 Densidade..... 32
2.4.4 Resistência mecânica..... 33

3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO BAMBU..... 34
3.1 Características biológicas e silviculturais..... 34
3.2 Características anatômicas..... 39
3.3 Propriedades físicas e mecânicas..... 41
3.4 Utilização do bambu..... 44

4 PISOS..... 47
4.1 Generalidades..... 47
4.2 Características dos principais tipos de pisos de madeira..... 48
4.2.1 Tacos..... 48
4.2.2 Tábua corrida..... 50
4.2.3 Assoalho moderno..... 51

5 DESGASTE ABRASIVO..... 52
5.1 Generalidades..... 52
5.2 Medidas de desgastes..... 53
5.3 Desgaste abrasivo em pisos..... 54
5.4 Pesquisas recentes na área de desgaste abrasivo em madeira e bambu..... 57

PARTE B – EXPERIMENTAL

6 FUNDAMENTOS PARA OS ENSAIOS REALIZADOS 59

6.1 Material utilizado nos ensaios 59

6.1.1 Madeira 59

6.1.2 Bambu 60

6.2 Normas técnicas utilizadas nos ensaios 60

6.2.1 Norma ASTM D4060/95 – Método de teste padrão para resistência abrasiva em camadas orgânicas por Taber Abraser.. 60

6.2.1.1 Equipamento 63

6.2.1.2 Metodologia do ensaio de abrasão 64

6.2.2 Norma ABNT- NBR 8404/84 – Rugosidade superficial 65

6.2.2.1 Equipamento 66

6.2.2.2 Metodologia do ensaio de rugosidade 67

6.2.3 Norma ABNT- NBR 7190/97 – Dureza Janka 67

6.2.3.1 Equipamento 67

6.2.3.2 Metodologia do ensaio de dureza Janka 68

6.3 Ensaios realizados 68

6.3.1 Desgaste abrasivo 69

6.3.1.1 Corpo de prova 69

6.3.1.2 Procedimento de ensaio 71

6.3.2 Rugosidade 73

6.3.2.1 Corpo de prova 73

6.3.2.2 Procedimento de ensaio 73

6.3.3 Dureza Janka 74

6.3.3.1 Corpo de prova 74

6.3.3.2 Procedimento de ensaio 74

unesp

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 75
7.1 Resultados 75
7.1.1 Ensaio de desgaste abrasivo 75
7.1.2 Ensaio de rugosidade 83
7.1.3 Ensaio de dureza Janka 84
7.2 Discussões 84
7.2.1 Ensaio de desgaste abrasivo 84
7.2.2 Ensaio de rugosidade 92
7.2.3 Ensaio de dureza Janka 92

8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 93
8.1 Conclusões 93
8.2 Sugestões para trabalhos futuros 94

ANEXOS 95
Anexo 1 96
Anexo 2 103
Anexo 3 111
Anexo 4 112

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 113

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Classificação da madeira..... 25
Figura 2.2 – Diagrama esquemático do caule..... 27
Figura 2.3 – Diagrama esquemático do caule em secção transversal..... 28
Figura 2.4 – Anel de crescimento 29
Figura 3.1 – Estrutura do bambu..... 35
Figura 3.2 – Rizoma tipo paquimorfo..... 36
Figura 3.3 – Rizoma tipo leptomorfo..... 37
Figura 4.1 – Taco tradicional 49
Figura 5.1 – Esquemática de desgaste de abrasão (a) e desgaste erosivo (b)..... 53
Figura 6.1 – Equipamento Taber Abraser com a sua montagem..... 61
Figura 6.2 – Rodas abrasivas para o equipamento Taber Abraser..... 61
Figura 6.3 – Modelos de plataformas giratórias..... 62
Figura 6.4 – Equipamento Taber Abraser (a) e balança digital (b)..... 63
Figura 6.5 – Rugosidade média..... 66
Figura 6.6 – Vista lateral de um rugosímetro portátil..... 66
Figura 6.7 – Dispositivo para medir a dureza Janka..... 68
Figura 6.8 – Dimensão dos corpos de prova do ensaio de desgaste abrasivo 69
Figura 6.9 – Corpos de prova de bambu: tipo A e B..... 70
Figura 6.10 – Posições no corpo de prova em relação ao desgaste abrasivo..... 72
Figura 6.11 – Fluxo do processo de ensaio de abrasão..... 73

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição volumétrica dos constituintes celulares..... 30

Tabela 2.2 – Densidade de algumas madeiras comercializadas..... 33

Tabela 3.1 – Distribuição dos elementos anatômicos de duas espécies de bambu..... 40

Tabela 3.2 – Dados de propriedades de resistência de duas espécies de bambu..... 42

Tabela 3.3 – Relação entre a resistência e a densidade de alguns materiais 43

Tabela 3.4 – Coeficientes para multiplicar a densidade do bambu para obter a tensão admissível 44

Tabela 3.5 – Relação Resistência x Energia..... 45

Tabela 6.1 – Identificação dos corpos de prova para o ensaio de abrasão..... 71

Tabela 6.2 – Corpos de prova usados para medir a rugosidade superficial..... 73

Tabela 7.1 – Dados obtidos durante a análise do resultado de desgaste 85

Tabela 7.2 – Média da perda progressiva em porcentagem..... 88

Tabela 7.3 – Perda de peso nas amostras selecionadas em cada intervalo de ciclos, em gramas..... 89

Tabela A2.1 (a) – Peso (g) do bambu, após cada 100 ciclos..... 104

Tabela A2.1 (b) - Perda de peso progressivo (g) do bambu após cada ciclo..... 104

Tabela A2.1 (c) - Diferença da perda de peso (g) do bambu entre ciclos..... 104

Tabela A2.1 (d) - Peso em porcentagem do bambu após cada 100 ciclos..... 105

Tabela A2.2 (a) - Peso da maçaranduba, após cada 100 ciclos, (g)..... 105

Tabela A2.2 (b) - Perda de peso progressivo da maçaranduba após cada ciclo, (g)..... 105
Tabela A2.2 (c) - Diferença de perda de peso da maçaranduba entre ciclos, (g)..... 106
Tabela A2.2 (d) - Peso em porcentagem da maçaranduba após cada 100 ciclos..... 106
Tabela A2.3 (a) - Peso do ipê, após cada 100 ciclos, (g)..... 106
Tabela A2.3 (b) - Perda de peso progressivo do ipê após cada ciclo, (g) 107
Tabela A2.3 (c) - Diferença de perda de peso do ipê entre ciclos, (g).... 107
Tabela A2.3 (d) - Peso em porcentagem do ipê após cada 100 ciclos..... 107
Tabela A2.4 (a) - Peso (g) da peroba-rosa, após cada 100 ciclos..... 108
Tabela A2.4 (b) - Perda de peso progressivo da peroba-rosa após cada ciclo, (g)..... 108
Tabela A2.4 (c) - Diferença de perda de peso da peroba-rosa entre ciclos, (g)..... 108
Tabela A2.4 (d) - Peso em porcentagem da peroba-rosa após cada 100 ciclos..... 109
Tabela A2.5 – Média e desvio padrão para as espécies..... 109
Tabela A2.6 – Medida de espessura antes e depois do desgaste abrasivo 110
Tabela A2.7 – Perda da espessura em cada posição..... 110
Tabela A2.8 – Média geral da perda de espessura das espécies..... 110
Tabela A3.1 – Medida da rugosidade Tipo Ra antes e depois do ensaio.. 111
Tabela A4.1 – Medida da dureza Janka das espécies..... 112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 7.1 (a) – Resultado da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de bambu com as respectivas curvas de tendência..... 75

Gráfico 7.1 (b) – Desvio padrão da perda da peso em função do número de ciclos do bambu A..... 76

Gráfico 7.1 (c) – Desvio padrão da perda da peso em função do número de ciclos do bambu B..... 76

Gráfico 7.2 (a) – Resultado da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de maçaranduba com a respectiva curva de tendência..... 77

Gráfico 7.2 (b) – Desvio padrão da perda da peso em função do número de ciclos da maçaranduba..... 77

Gráfico 7.3 (a) – Resultado da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de ipê com a respectiva curva de tendência..... 78

Gráfico 7.3 (b) – Desvio padrão da perda da peso em função do número de ciclos do ipê..... 78

Gráfico 7.4 (a) – Resultado da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de peroba-rosa com a respectiva curva de tendência..... 78

Gráfico 7.4 (b) – Desvio padrão da perda da peso em função do número de ciclos de peroba-rosa..... 79

Gráfico 7.5 – Curva de tendência das espécies ensaiadas..... 79

Gráfico 7.6 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições do bambu A 80

Gráfico 7.7 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições do bambu B..... 81

Gráfico 7.8 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições da maçaranduba..... 81
Gráfico 7.9 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições do ipê..... 81
Gráfico 7.10 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições da peroba-rosa..... 82
Gráfico 7.11 (a) – Média da perda da espessura por espécies ensaiada nas quatro posições..... 82
Gráfico 7.11 (b) – Média da perda de espessura nas quatro posições para as espécies ensaiadas..... 82
Gráfico 7.12 – Rugosidade Tipo Ra na posição 1, antes e depois do desgaste 83
Gráfico 7.13 – Rugosidade Tipo Ra na posição 3, antes e depois do desgaste 83
Gráfico 7.14 – Comparação entre as amostras do ensaio de dureza Janka..... 84
Gráfico 7.15 – Ensaio de abrasão do bambu A com a linha de tendência..... 85
Gráfico 7.16 – Ensaio de abrasão do bambu B com a linha de tendência..... 86
Gráfico 7.17 – Curvas de tendência das espécies de bambu e maçaranduba..... 86
Gráfico 7.18 – Curvas de tendência das espécies de bambu e ipê..... 87
Gráfico 7.19 – Curvas de tendência do bambu e peroba-rosa..... 88
Gráfico 7.20 – Resultados em porcentagem das médias das perdas progressivas das espécies ensaiadas..... 89
Gráfico 7.21 – Comparação do desvio padrão das espécies em relação à média da perda da espessura..... 91

KOGA, R. C. *Resistência à abrasão de madeira e bambu laminado colado utilizados como elementos de piso.* Guaratinguetá, 2001. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O trabalho aborda essencialmente o estudo comparativo da resistência ao desgaste abrasivo em materiais de origem vegetal, analisando o desempenho do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus)* em relação a espécies de madeiras utilizadas para pisos em edificações. Neste contexto, é realizada a compilação da literatura técnica sobre os materiais e métodos aplicados na abordagem do tema em questão. Os materiais empregados na pesquisa foram o bambu gigante e as madeiras de espécies nativas: maçaranduba, ipê e peroba-rosa, as quais apresentam boas propriedades mecânicas com densidade aparente média para alta e são empregadas como elementos de piso. Em função da falta de informações científicas que possam qualificar o desgaste na aplicação dessas espécies, de forma particularizada ou comparativa e, dado o tipo de solicitação a que estes elementos em uso são submetidos, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se conhecer o comportamento desses materiais quanto a resistência à abrasão. Os procedimentos de ensaios adotados atenderam a norma ASTM D 4060-95 "Resistência à Abrasão de Camadas Orgânicas com a utilização do Taber Abraser". O trabalho expõe os resultados com uma perda de material após os desgaste de 0.88 a 1,07% para o bambu, 0,61%para a maçaranduba, 0,83% para a peroba-rosa e 1,21% para o ipê. Na análise verificou-se que a espécie *Dendrocalamus giganteus* pode ser empregada como um componente alternativo aos pisos comercializados.

PALAVRAS – CHAVE: desgaste abrasivo, bambu, madeiras

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

KOGA, R. C. *Resistance to the abrasion of wood and laminate agglutinated bamboo used as floor elements*. Guaratinguetá, 2001. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The work approaches the comparative study essentially of the resistance to the abrasive wear in materials of vegetable origin, analyzing the acting of the geant bamboo (*Dendrocalamus giganteus*) in relation to wood species used for floors in constructions. In this context, the compilation of the technical literature is accomplished on the materials and applied methods in the approach of the theme in subject. The employed materials in the research were the geant bamboo and the wood of native species: maçaranduba, ipê and peroba-rosa, which present good mechanical properties with apparent density medium for high and traditionally they are used as floor elements. In function of the lack of scientific information that can qualify the wear in the application of those species in a particularized way or comparative and, given the solicitation type the one that these elements, in use are submitted, the present work was developed with the objective of knowing the behavior of these materials as the abrasion resistance. The procedures adopted rehearsals attend to the norm ASTM D 4060/95 - Resistance to the Abrasion of Organic Layers with Taber Abraser's use. The work exposes the results with a material loss after it wear them from 0.88 to 1,07% to the bamboo, 0,61% for the maçaranduba, 0,83% for the peroba-rosa and 1,21% for the ipê. In the analysis it was verified that the species *Dendrocalamus giganteus* can be used as an alternative component to the commercial floors.

WORDS - KEY: abrasive wear, bamboo, wood

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história pode-se comprovar que os materiais mais explorados desde a pré-história foram os de origem orgânica, como as madeiras. O uso intensivo e irracional, após a era industrial, reflete a despreocupação do homem em repor esses materiais para manter o equilíbrio do meio ambiente. A escassez dos recursos naturais, associada ao desenvolvimento tecnológico, tem incentivado novas pesquisas de materiais alternativos, visando à preservação da natureza e à melhoria de qualidade de vida do homem. Entre estes materiais pode-se citar o bambu que, além de fácil reposição, possui boas propriedades mecânicas para o emprego em diferentes funções.

A ocupação mais antiga do homem provavelmente seja a transformação de materiais em produtos necessários à sua subsistência; esta ocupação une a ciência à técnica. Entretanto, os fundamentos teóricos para a compreensão do processo de desgaste dos materiais quando em contato, não foram elucidados por um longo período. As leis fundamentais de atrito, reconhecidas por Leonardo da Vinci, em 1508, foram redescobertas por Amontons em 1699. Desde então, o conceito de um coeficiente de atrito foi adotado, mas quase um século se passou antes de Coulomb ter desenvolvido a teoria, a qual postula que o atrito está presente devido à aspereza de superfície e à adesão (Schey, 1984).

Atualmente vários pesquisadores estudam a tribologia, ciência ou tecnologia que estuda superfície que interagem em movimento relativo, em materiais de origem orgânica, como a madeira e o bambu.

Tong, Ren e Chen (1995) apresentaram o trabalho "Abrasive wear behavior of Bamboo", onde o desgaste abrasivo do bambu *Phyllostachys pubescens* foi realizado através de um abrasivo livre que consistia em areia de quartzo (96,5% em peso) e bentonita (3,5% em peso). A pesquisa foi realizada em um analisador de desgaste com abrasivos livres e a micromorfologia das

unesp

superfícies desgastadas foi examinada por microscópio eletrônico de varredura. Observou-se que a orientação das fibras de bambu em relação às superfícies desgastadas teve uma influência importante no desempenho do desgaste abrasivo. As amostras orientadas na posição perpendicular às fibras deram maior resistência à abrasão do que aquelas orientadas paralelamente às fibras.

Ohtani, Yakou e Kitayama (1996) em "Conditions and origin of the critical grain size effect on the abrasive wear of woods" estudaram as condições de aparecimento do efeito do tamanho de grão crítico. Realizaram testes de desgaste abrasivo em onze espécies de madeira, sendo quatro macias (softwoods) e sete duras (hardwoods). Os resultados mostraram que o efeito do tamanho de grão crítico do desgaste abrasivo ocorre sob pequenas pressões aplicadas nas superfícies durante o desgaste.

Com o uso da Internet foi possível localizar empresas como a "BAMBOO FLOORING INTERNATIONAL CORP" que está há mais de trinta anos trabalhando com pisos de madeira e há dez anos com bambu. Nos últimos três anos, essa empresa investiu milhões de dólares na construção de uma fábrica de pisos de bambu em Hunan-China, região conhecida como o "Mar de Bambu". A empresa realiza o ensaio de resistência abrasiva de acordo com uma adaptação da ASTM C501, norma utilizada para avaliar o desgaste abrasivo em materiais cerâmicos.

O desgaste de produtos, componentes e equipamentos é um dos maiores fatores de depreciação em um grande número de atividades industriais, sejam agrícolas ou em outras economicamente importantes. Representa também uma fonte de despesas com manutenção, que influi nos custos indiretos de produção (Cunha, 1996).

unesp

1.1 Justificativa

As madeiras de espécies nativas que apresentam boas propriedades de resistência mecânica, geralmente caracterizadas pela densidade aparente média para alta, vêm sendo empregadas há muitos anos como elementos de piso em edificações. No entanto, não se verifica a preocupação de caracterizar o comportamento desses elementos e de seus revestimentos com relação ao desgaste abrasivo.

Hoje em dia, problemas ecológicos estão condicionando cada vez mais o desenvolvimento dos processos industriais e os assentamentos humanos, sendo já considerado o século XXI como o século do meio ambiente. Assim, a busca por materiais renováveis e fontes energéticas não convencionais tornou-se uma prioridade mundial nas últimas décadas.

Novos materiais compostos à base de madeira e painéis de madeira laminada também têm sido empregados para aplicação em pisos. Mais recentemente, nos países ocidentais, surgiram os elementos compostos por bambu laminado, denominados "Bamboo Floor, Bamboo Board ou Parket Bamboo", fabricados a partir de espécies de bambu, difundidos nos países asiáticos.

No Brasil, apesar de ser bem conhecido e disponível, o bambu não tem sido muito empregado na construção. Tal fato se deve ao reduzido número de pesquisas em nosso meio e à pequena divulgação das diversas espécies que poderiam ser utilizadas nas mais diferentes áreas de aplicação. Considerando as notáveis características deste material, seu uso demonstra-se viável em: pisos (parquetes), lambris, painéis divisórios e de revestimento; principalmente quando se utiliza as espécies denominada respectivamente de *Guadua angustifolia* e aquelas pertencentes ao gênero *Dendrocalamus*.

A pesquisa bibliográfica sobre desgaste abrasivo foi realizada nas bibliotecas da Universidade de São Paulo - EESC - São Carlos, e da Universidade Estadual Paulista – FE – Campus de Guaratinguetá; via Internet;

unesp

e nas bases de dados Compendex Plus e Corrent Contents. Alguns artigos pesquisados se destacam como literatura fundamental, os quais são descritos de forma resumida no capítulo 5.

1.2 Objetivo da pesquisa

O presente trabalho tem por objetivo principal analisar, sob o aspecto quantitativo e qualitativo, a resistência à abrasão das madeiras maçaranduba, ipê e peroba-rosa, normalmente empregadas como elementos de piso, frente ao desempenho do composto de bambu laminado (Plybamboo / Bamboo Floor). A utilização das amostras de madeiras visa estabelecer os parâmetros necessários para a análise do material alternativo (bambu).

1.3 - Metodologia

A primeira etapa do trabalho foi restrita à revisão bibliográfica sobre os materiais empregados nos ensaios, conceitos sobre os pisos, desgastes e parâmetros para a realização dos ensaios.

Na segunda parte consta a descrição experimental dos materiais estudados, normas usadas e a apresentação dos resultados obtidos nos laboratórios da UNESP - Guaratinguetá e na empresa Novo Piso, localizada em Cruzeiro-SP e, concluindo, a análise dos dados gerados. A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (Unesp), no Departamento de Materiais e Tecnologia, Laboratório de Mecânica da Faculdade de Engenharia de Bauru (Unesp).



1.4 - Estrutura do trabalho

Este item procura mostrar a estrutura concebida para o desenvolvimento do trabalho de forma sucinta, pois apresenta uma resenha do conteúdo de cada capítulo, possibilitando assim a compreensão do encaminhamento da pesquisa.

CAPÍTULO 01: INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o trabalho, com a introdução, a metodologia e o objetivo para o entendimento do mesmo.

CAPÍTULO 02: MADEIRA

É o capítulo referente à madeira em geral, à sua estrutura, características, composição, propriedades físicas e mecânicas. Tais enfoques são necessários, pois, a madeira e os processos tecnológicos para beneficiá-la, praticamente não são contemplados no ensino das engenharias civil e mecânica, ocasionando uma falta de conhecimento sobre o material, provocando o uso inadequado de conceitos, além de induzir à formação de preconceitos que subestimam seu uso para diversas funções.

CAPÍTULO 03: CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO BAMBU

Neste capítulo são apresentadas as características físicas e mecânicas do bambu, de forma genérica, dando ênfase à espécie *Dendrocalamus giganteus*, pois é a que foi utilizada nos ensaios. Procurou-se, também, apresentar um panorama mundial sobre o seu emprego para várias finalidades em diferentes regiões, o que demonstra os níveis de tecnologias incorporados aos processos de beneficiamento do bambu.

unesp

CAPÍTULO 04: PISOS

Trata dos conceitos sobre pisos, apresentando os tipos existentes no mercado, abordando os tópicos sobre: materiais, características dimensionais construtivas, usos, processos de fabricação e colocação.

CAPÍTULO 05: DESGASTE ABRASIVO

A teoria sobre os processos de desgaste abrasivo é exposta neste capítulo, fundamentando os conceitos dos processos e dos métodos de medição do desgaste. Também são expostas as últimas pesquisas na área de desgaste em madeira e bambu.

CAPÍTULO 06: FUNDAMENTOS PARA OS ENSAIOS REALIZADOS

Encontram-se os conceitos, parâmetros gerais e as normas técnicas necessárias para realizar os ensaios das amostras dos pisos. Assim, são estabelecidos os princípios para a realização dos ensaios. Também são apresentados os materiais utilizados nos ensaios e a descrição com os parâmetros de cada norma adotada e, ainda, a descrição dos corpos de prova, equipamentos e procedimentos.

CAPÍTULO 07: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo poderão ser encontradas as análises quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos durante os ensaios e a descrição das ferramentas utilizadas no processamento dos dados, para facilitar a compreensão do problema estudado, o desgaste abrasivo.

CAPÍTULO 08: CONCLUSÕES

Apresenta as conclusões finais sobre a viabilidade de utilização do bambu como elemento de piso e, ainda, sugestões para possíveis trabalhos futuros.

unesp

2 MADEIRA

2.1 Generalidades

A madeira, como matéria prima para construções e estruturas, é um material que apresenta algumas propriedades que a fizeram, desde os primórdios da humanidade até os dias de hoje, ocupar um lugar de destaque na evolução das civilizações, podendo-se destacar: resistência mecânica elevada em relação à massa própria, facilidade de usinagem, resistência química apreciável, boas propriedades de isolamento térmico e elétrico, além da possibilidade de ser encontrada na natureza com ampla variedade de texturas e colorações, capazes de satisfazer os mais variados gostos (Lepage, 1986).

O aumento da população mundial e as mudanças nos processos produtivos de bens materiais, no último século, estão ocasionando a escassez de diversos recursos naturais, como as florestas. A preocupação com a falta (ausência) de algumas espécies de madeira e com a preservação do meio ambiente gerou uma pressão crescente das populações sobre a forma de utilização dos recursos materiais e energéticos disponíveis, para que eles não atinjam quantidades críticas em suas reservas.

A necessidade de preservar o meio ambiente está produzindo um novo clima de competição entre as indústrias, e somente sobreviverão aquelas que mais contribuírem para a melhoria da qualidade de vida das populações. O impacto ambiental tem sido, com freqüência, definido como o efeito adverso de uma atividade qualquer sobre o bem-estar público, contrabalançado por um resultado econômico positivo (Hartford, 1976).

Neste contexto, as indústrias que processam a madeira em suas mais distintas formas, precisam incorporar tecnologias que apresentem soluções alternativas em seus processos, otimizando funções e usos para atender as atuais necessidades do homem.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

2.2 Classificação da madeira

As árvores encontram-se classificadas na 13ª divisão da classificação de Engler[1]. As plantas superiores, denominadas fanerógamas, são de elevada complexidade anatômica e fisiológica, e se subdividem em duas categorias, as gimnospermas e as angiospermas (Figura 2.1).

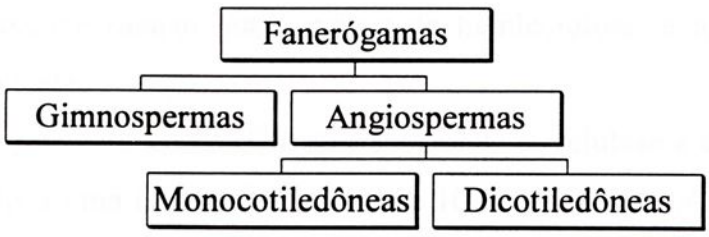


FIGURA 2.1 – Classificação da madeira

As madeiras gimnospermas, também chamadas coníferas, resinosas, não-porosas ou "softwoods", pertencem às espécies da ordem das coniferas. O termo "não-porosa" refere-se a ausência de vasos ou "poros", como pode-se constatar nessas madeiras, as quais geralmente possuem baixa densidade. São exemplos dessas espécies: pinho do Paraná - *Araucária angustifolia*; pinus - *Pinus elliottii*; *Pinus taeda, Pinus oocarpa*, etc. (Chimelo, 1986).

As madeiras angiospermas são as plantas mais complexas e organizadas, e se subdividem em monocotiledôneas e dicotiledôneas. As últimas respondem quase que pela produção total da madeira, sendo usualmente designadas na literatura como madeiras duras, "hardwood" ou folhosas, por serem consideradas geralmente de alta densidade (Chimelo,1986). São dicotiledôneas da espécie nativa brasileira: peroba-rosa, imbuia, mogno, cerejeira, ipê, aroeira, freijó, maçaranduba, cedro.

2.3 Estrutura da madeira

A madeira é um biopolímero tridimensional composto de celulose,

[1] Classificação de Engler – Trata-se da classificação das plantas, em ordem e família, criada por Adolf Engler e apresentada em sua obra "Syllabus der Pflanzennamen", em 1892, sendo ainda adotada na comunidade científica.

unesp

hemicelulose e lignina. Esses polímeros formam a parede celular da madeira e são responsáveis pela maioria de suas propriedades físicas e químicas.

De acordo com Lepage (1986), as células da madeira são constituídas principalmente de celulose (40-50%), hemicelulose (20-30% nas coníferas e 15-30% para as dicotiledôneas) e lignina (30 ±4% para as coníferas e 25 ±3% para as dicotiledôneas). De forma simplificada, pode-se dizer que a celulose forma um esqueleto imerso numa matriz de hemicelulose, e a lignina é o material aglutinante.

O comprimento mínimo de uma molécula de celulose é de 5.000 nm, correspondendo a uma cadeia com cerca de 10.000 unidades glicosídicas. O menor elemento constituinte do esqueleto celulósico é considerado, por muitos autores, como sendo uma fibrila elementar.

A fibrila é formada por um feixe paralelo de 36 moléculas de celulose ligadas entre si por meio de pontes de hidrogênio. Essas moléculas de celulose formam regiões ordenadas (regiões cristalinas ou cristalitos) que mesclam-se, sem delimitação alguma, com regiões desordenadas ou amorfas. As fibrilas ou micelas são agregadas em unidades maiores chamadas microfibrilas que tem 10-20 nm de largura, que são combinadas em macrofibrilas e lamelas, as quais podem ser separadas mecanicamente das fibras (Browring, 1963; Fengel & Wegener, 1984).

2.3.1 Estrutura macroscópica do caule

A parte do vegetal que possui maior interesse é a estrutura do caule, pois define as características e propriedades da madeira, cujos conhecimentos são de suma importância ao presente trabalho.

O caule é formado por um material heterogêneo de estrutura anisotrópica, ou seja, não possui as mesmas características físicas e químicas nas três direções principais de uma árvore, que são: axial, tangencial e radial.

A estrutura anatômica da madeira pode ser melhor descrita através de

unesp

observações das três secções ou superfícies fundamentais, as quais podem ser vistas na Figura 2.2, onde:

(P1) Secção transversal ou de topo: é o plano normal ao eixo do tronco.

(P2) Secção longitudinal – tangencial: é o plano de corte da madeira na direção de crescimento axial e perpendicular ao raio do tronco e, ainda, tangencial às camadas ou anéis de crescimento.

(P3) Secção longitudinal – radial: é o plano de corte da madeira na direção de crescimento axial passando pelo eixo do tronco e perpendicular às camadas de crescimento.

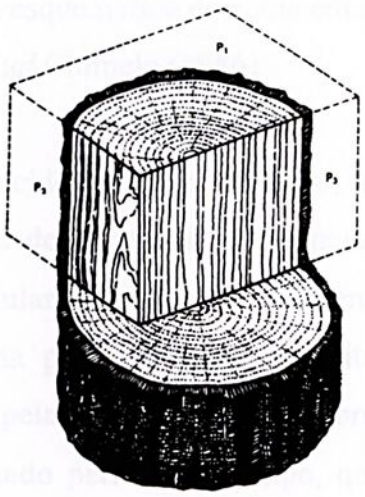


FIGURA 2.2 – Diagrama esquemático do caule, White[2] (1980) apud Chimelo (1986)

Em uma secção transversal observa-se, Figura 2.3, do centro para a periferia, as seguintes regiões do caule: medula, cerne, alburno, cascas interna e externa; entre a casca interna e o alburno encontra-se uma região denominada câmbio ou região cambial, dificilmente visível mesmo ao microscópio por ser elemento monocelular (Butcher, 1979).

---

[2] WHITE, M. S. *Wood Identification Handbook*. Virginia, Eastern United States Colonial Hardwoods, 1980. 88p. il.

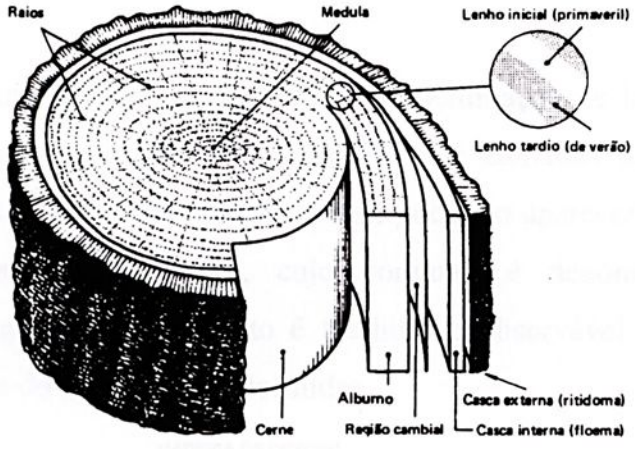


FIGURA 2.3 – Diagrama esquemático do caule em secção transversal, White[2] (1980) *apud* Chimelo (1986)

A medula é um tecido primário, contínuo, localizado na região central do caule. Sua função é a de armazenar substâncias nutritivas para a planta, auxiliada pelos raios medulares que vão até o alburno (Chimelo, 1986).

O alburno é uma parte do caule constituída de células vivas ou funcionais, responsáveis pela condução da seiva bruta (água e sais minerais). A partir de um determinado período de tempo, que varia com a espécie de vegetal e com as condições de seu crescimento, ocorre a morte do protoplasma das células centrais do caule, dando origem à formação do cerne. Deste modo, as células da parte mais interna do alburno, com a perda da atividade fisiológica, vão se transformando em novas camadas de cerne.

A transformação do alburno em cerne é acompanhada pela formação de várias substâncias orgânicas conhecidas genericamente por extrativos ou infiltrações. Em algumas angiospermas, particularmente, pode ocorrer a formação de tilas nos vasos, obstruindo-os parcial ou totalmente (Panshin et al., 1980).

De um modo geral, o cerne, além de comumente apresentar cor mais escura que o alburno, apresenta ainda baixa permeabilidade, durabilidade natural mais alta e densidade ligeiramente superior. Essas características

contribuem para que as propriedades mecânicas do cerne sejam superiores às do alburno.

O conjunto alburno e cerne tem a denominação de lenho ou xilema, sendo mais evidenciado nas gimnospermas. As camadas de lenho não se desenvolvem uniformemente durante o ano, podendo aparecer regiões escuras intercaladas por regiões claras, cujo conjunto é denominado anel de crescimento (Figura 2.4). Este fato é facilmente observável em regiões nas quais as estações do ano são bem definidas.

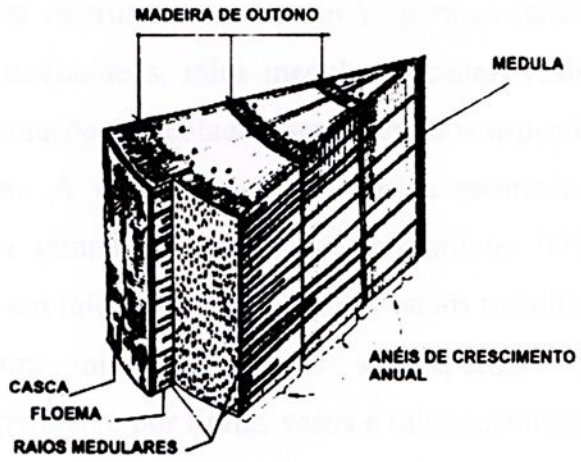


FIGURA 2.4 - Anel de crescimento, Kollmann[3] (1951) *apud* Hellmeister (1983)

A casca é constituída de duas camadas, sendo uma a casca interna ou líber (floema), fina, fisiologicamente ativa, de cor clara, que conduz a seiva elaborada. A outra, casca externa ou ritidoma, é composta de tecido morto. Sua função é proteger os tecidos vivos das árvores contra o ressecamento, ataques de microorganismos e insetos, ataques mecânicos e variações climáticas.

Entre o alburno (xilema) e a casca interna (floema) encontra-se uma camada de células denominada região cambial ou câmbio, também conhecida por câmbio vascular, sendo constituída por uma faixa de células meristemáticas secundárias que são responsáveis pela formação das chamadas

[3] KOLLMANN, F. *Technologie des holzes und der holzwerkstoffe*. Berlin: Springer Verlag, 1951.

células-mãe do xilema (lenho) e do floema (casca), de acordo com Panshin et al. (1980).

As células que constituem o câmbio são de dois tipos: as iniciais fusiformes, que são responsáveis pela formação de todo o sistema axial do caule (fibras, traqueídeos, parênquima axial e elementos de vasos) e as iniciais radiais, que compõem o sistema radial (raios).

2.3.2 Estrutura microscópica do caule

A estrutura microscópica das gimnospermas (coníferas) é composta basicamente por traqueídeos, raios medulares, canais resiníferos, células de parênquima e pontuações aureoladas, sendo um dos aspectos característicos a ausência de vasos. A composição volumétrica estimada dos constituintes celulares em uma gimnosperma típica é a seguinte: 93% em traqueídeos longitudinais, 6% em raios lenhosos e 1% em canais resiníferos longitudinais.

A estrutura microscópica das angiospermas (dicotiledôneas) é constituída principalmente por fibras, vasos e raios medulares, além de células parênquimatosas.

A composição volumétrica estimada dos constituintes celulares encontra-se relacionada na Tabela 2.1, de acordo com Kollmann (1956).

TABELA 2.1 – Composição volumétrica dos constituintes celulares (Kollmann, 1956)

Classes de Tecidos	Coníferas (%)			Dicotiledôneas (%)		
	Menor	Médio	Maior	Menor	Médio	Maior
Vasos	---	---	---	2,0	15,0	65,0
Traqueídeos	87,0	93,0	96,0	---	---	---
Fibras	---	---	---	13,0	55,0	80,0
Parênquima	---	1,0	2,0	2,0	12,0	75,0
Raios medulares	4,0	7,0	12,0	1,2	15,0	50,0
Canais resiníferos	---	0,4	1,1	---	---	---

As células de madeira freqüentemente apresentam inclusões onde podem ser armazenados nutrientes, produtos de metabolismo celular ou

unesp

células de elaboração. Em alguns casos, pode ocorrer uma proliferação de parte do protoplasma de uma célula dentro da outra. Entre as inclusões estão materiais como: amido ou goma, proteínas, óleos, gorduras ou graxas, taninos e substâncias inorgânicas, identificadas na forma de cristais.

A seguir apresentam-se as características de algumas dessas inclusões celulares, segundo Gonçalves (2000):

Tilas – São estruturas de ocorrência comum em vasos de madeiras duras. Podem apresentar-se membranosas, cercadas de paredes grossas ou endurecidas; ou, assemelham-se à água de sabão, sendo espumosas e brilhantes. Podem também ser de forma semelhante à escada de paredes cruzadas, quando observadas na seção longitudinal.

As tilas têm sua origem num raio ativo ou em células de parênquima axial, desenvolvidas de material protoplasmático que prolifera nos vasos, obstruindo-os.

Cristais – Uma variedade de cristais ocorre como inclusões celulares da madeira. Eles podem ser encontrados tanto em madeiras moles como duras, porém são pequenos e menos comuns na primeira. Os cristais estão sempre situados próximos às células de parênquima, podendo ser encontrados também nos raios da madeira ou na parede do parênquima axial. Mais comumente, esses depósitos inorgânicos são sais de cálcio, especialmente, oxalato de cálcio.

Entre os tipos de cristais reconhecidos encontrados na madeira estão: "druses" (em forma de bolsa), "raphides" (tipo cachoeira), "crystal" (semelhante a grãos de areia), "acicular crystals" (forma de agulha) e "styloid crystals" (tipo estiliforme).

Células de óleo – São arredondadas e prolongadas numa forma especial de parênquima, contendo óleo. Elas ocorrem nos raios de madeira ou nas paredes de parênquima axial de espécies dicotiledôneas. Uma distinção deve ser feita entre células de óleo e aquelas que contêm verdadeiras gomas (látex), visto que estes dois tipos de célula possuem

diferentes propriedades.

Gomas e Resinas – Elas se dissolvem na água ou, quando em contato com a água, absorvem e aumentam em volume para formar um tipo de cola ou material semelhante à geléia. Na prática, o termo "goma" é usado freqüentemente para substâncias insolúveis em água. Os polifenóis são classificados como gomas em madeira, tal como outras inclusões celulares.

2.4 Propriedades da madeira

2.4.1 Teor de umidade

Experiências indicam que as propriedades de resistência da madeira estão relacionadas com o teor de umidade contida na mesma, exercendo grande influência em suas características, se o teor da umidade estiver abaixo do ponto de saturação das fibras - PSF. Após o abate, ocorre a tendência natural da umidade da madeira equilibrar-se com a umidade relativa do ambiente onde se encontra, em função da temperatura e da umidade relativa ambiental.

2.4.2 Retratibilidade

A retratibilidade ocorre nos três planos da madeira, e pode-se identificar uma retração volumétrica. A retração axial é, em termos percentuais, a menor delas e ocorre segundo a direção das fibras da madeira. A retração radial se dá segundo a direção dos raios medulares da secção transversal. A retração tangencial é a maior dentre elas, e ocorre na direção tangencial aos anéis de crescimento, no plano transversal ao eixo da árvore.

2.4.3 Densidade

A densidade da madeira depende da espécie, da árvore de onde provém, da umidade, etc. Porém, o valor da densidade para uma determinada

unesp

espécie oscila em torno de uma média. A faixa de variação para as diversas espécies distribuem-se de 300 a 1200 kg/m^3, segundo Boletim Nº 31–IPT (Gonçalves, 2000).

As variações na densidade da madeira são devidas basicamente às diferenças estruturais das espécies e tendências genéticas. Verifica-se, na Tabela 2.2, exemplos da densidade de algumas espécies de madeira, obtida a partir do diagrama de Kollmann.

TABELA 2.2 – Densidade de algumas madeiras comercializadas (Gonçalves, 2000)

Espécies	Nome Científico	Teor de Umidade (%)	Densidade Base, úmida (g/cm^3)	Densidade Base, seca (g/cm^3)	Densidade Relativa a 12% (g/cm^3)
Pinus	*Pinus elliotti*	11,6	0,32	0,28	0,32
Cedro	*Cedrella fissilis*	13,3	0,49	0,43	0,48
Pinho	*Araucária angustifolia*	12,1	0,55	0,48	0,55
Ipê	*Tabebuia serratifolia*	19,7	1,19	0,96	1,16
Castanheira	*Bertholletia excelsa*	12,6	0,77	0,68	0,77
Eucalipto	*Eucalyptus grandis*	10,0	0,84	0,74	0,86
Peroba-rosa	*Aspidosperma polyneuron*	13,2	0,98	0,85	0,97
Maçaranduba	*Manilkara elata*	10,9	1,12	1,00	1,13

2.4.4 Resistência Mecânica

A madeira, formada por camadas de crescimento anual, é um material heterogêneo e anisotrópico, logo, apresenta um comportamento diferente para cada tipo de esforço ao qual seja submetida: compressão paralela, compressão normal e tração paralela às fibras, flexão, cisalhamento, fendilhamento e dureza.

No Anexo 1, encontram-se as fichas técnicas das propriedades físicas e mecânicas das espécies de madeira maçaranduba, ipê e peroba-rosa, utilizadas nos ensaios.

unesp

3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO BAMBU

3.1 Características biológicas e silviculturais

A espécie vegetal conhecida por bambu é botanicamente classificada como *Bambusoideae*, da família *Gramineae*. Botanicamente o bambu está classificado como *Bambusae*, uma tribo da família das *Graminae*. Pelas características de seu colmo é considerada como sendo uma planta lenhosa, monocotiledônea, pertencente às angiospermas.

Existem no mundo, segundo Lopes (1982), cerca de 75 gêneros e 1250 espécies de bambu, das quais 62% são nativas da Ásia, 34% da América e 4% da África e Oceania.

As condições ambientais e de solo influenciam no desenvolvimento do bambu. As temperaturas altas promovem seu crescimento, enquanto as baixas o inibem. A maioria das espécies se desenvolve bem entre 8 e 36°C. De um modo geral, as precipitações devem ser superiores aos 1000 mm anuais, os solos férteis, soltos e bem drenados, com pH entre 5,0 e 6,5. Os bambus não se adaptam a solos muito úmidos ou com lençol freático próximo a superfície.

Lopes (1974) e Liese (1987) esclarecem que são as características florais que determinam a classificação e a identificação das espécies vegetais. Porém, tal fato é muito raro, pois os bambus florescem somente em intervalos que vão de 30 a 100 anos, dependendo da espécie e das condições ambientais.

O bambu, tal como as árvores, acha-se constituído por uma parte aérea e outra subterrânea. Janssen (1988) faz referência à parte aérea, denominada colmo, que é normalmente oca. As cavidades dentro do colmo são separadas totalmente umas das outras por diafragmas interno transversal que aparecem externamente como nós, de onde saem os ramos. A porção do colmo entre os dois nós é chamada internó e a espessura do colmo é denominada parede. A Figura 3.1 apresenta uma seção do colmo com suas partes e denominações.

unesp

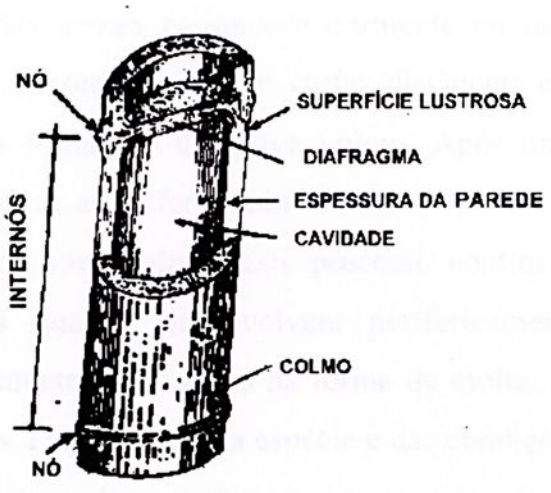


FIGURA 3.1 – Estrutura do bambu (Ghavami, 1990)

A parte subterrânea, que nas árvores constitui a raiz, no bambu é denominada rizoma e tem grande importância, não só como armazenadora e distribuidora de nutrientes, mas também como elemento básico na reprodução natural do bambu, que pode ocorrer por ramificação deste órgão.

Vários autores tais como, Hidalgo (1982), Galvez (1982), Farrely (1984), Liese (1985), apresentam a ramificação do rizoma segundo duas maneiras distintas, originando os dois principais grupos de bambu quanto ao modo de crescimento:

a) **Grupo paquimorfo**, simpodial ou entouceirante, que se desenvolve principalmente nas zonas tropicais, compreendendo entre outros, os gêneros *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantoclhoa*, e outros.

   Os bambus deste grupo estão largamente distribuídos nas regiões quentes e tropicais, englobando a maioria das espécies tropicais; em conseqüência, estas espécies não se desenvolvem bem em regiões frias. Os rizomas dos bambus deste grupo são curtos, grossos e sólidos, com internós assimétricos e raízes na parte inferior, sendo normalmente mais grossos que o colmo anterior de onde se originou. Os rizomas possuem gemas laterais que se ativam, desenvolvendo novos rizomas e novos colmos,

porém a maioria das gemas permanece dormente ou inativa. Os novos rizomas crescem horizontalmente em curtas distâncias e logo seu ápice volta-se para cima formando um novo colmo. Após um ano, uma das gemas deste rizoma se ativa formando um novo rizoma, o qual, por sua vez, vai formar um novo colmo. Este processo continua ano após ano formando rizomas que se desenvolvem perifericamente, o que vai acarretar o agrupamento dos colmos na forma de moita, que pode conter de 30 a 100 colmos. Dependendo da espécie e das condições locais, 5 a 10 novos colmos são formados anualmente nas espécies pertencentes a este grupo de bambu. Sob condições naturais, a brotação ocorre sempre no verão ou mesmo no outono, mas, via de regra, os novos colmos se formam na estação chuvosa seguinte a uma estação seca.

Em suma, esses rizomas possuem uma forma semi-esférica, onde existem diversos segmentos assimétricos; possuem, em suas laterais, raízes solitárias em forma de cúpula que, com o tempo, desenvolvem-se em novos rizomas e consequentemente em novos colmos, os quais crescem horizontalmente em diferentes direções, conforme mostrado na Figura 3.2.

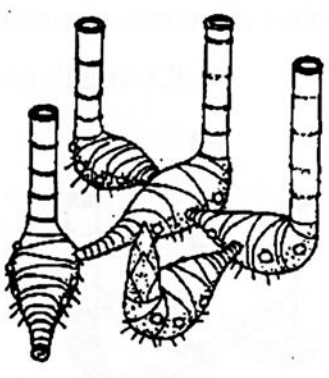


FIGURA 3.2 – Rizoma tipo paquimorfo (Hidalgo, 1982)

b) **Grupo leptomorfo**, monopodial ou alastrante, se desenvolve principalmente em zonas temperadas. Sendo resistente às temperaturas baixas, consegue desenvolver-se em climas com invernos rigorosos.

Compreende entre outros os gêneros *Arundinaria*, *Phyllostachys*, *Semiarundinaria*, etc.

Seus rizomas são longos, delgados e de formato cilíndrico. São tipicamente ocos e interrompidos em cada nó por um diafragma. Normalmente possuem espessura ou diâmetro menor que os colmos que vão originar. Em cada nó do rizoma existe uma gema lateral em dormência que pode se ativar produzindo um novo colmo ou um novo rizoma que se desenvolve lateralmente, germinando aproximadamente 10% das gemas. O rizoma pode crescer entre 1 e 6 metros por ano formando uma teia que pode atingir entre 50 a 100 km/ha. Este tipo de bambu tem os ramos e folhas nas partes altas do colmo já desenvolvido. O período de brotação dos colmos ocorre no início de uma estação chuvosa.

O rizoma deste grupo possui diâmetro de menor dimensão que os colmos, seus segmentos são simétricos e raramente são sólidos. Cada rizoma está ligado a um talo solitário, que por determinado tempo permanece inalterado. Quando esses talos começam a se desenvolver são produzidos colmos laterais com certa distância um dos outros, e apenas alguns produzem novos rizomas (Hidalgo,1982).

Esse processo chega a formar sistemas de redes, variando de 1 a 6 metros, como pode-se observar na Figura 3.3.

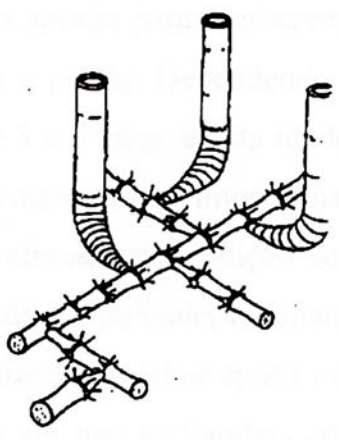


FIGURA 3.3 – Rizoma tipo leptomorfo (Hidalgo,1982)

O bambu, sendo uma planta de rápido crescimento, atinge, nos tipos entouceirantes, uma altura final entre 15 e 35 metros em cerca de 2 a 4 meses, através do contínuo alongamento dos brotos; a taxa de crescimento diário é de 0,20 a 1 m. Liese (1985), observou que a espécie *Dendrocalamus giganteus* pode alcançar uma altura 35 m e um diâmetro de 0,30 a 0,35 m.

Ciaramello & Azzini (1971), em trabalho com a espécie *Dendrocalamus giganteus* para produção de pasta para papel, apresentaram dados médios do colmo, com 16 metros de comprimento útil e que tiveram um peso seco de 40,73 kg, diâmetro de 0,14 m, 47 nós e 0,35 m de internó.

O bambu destaca-se como tendo um grande potencial agrícola por ser uma planta perene, produzir colmos assexuadamente ano após ano sem necessidade de replantio, com grande rendimento anual por área e rapidez de crescimento. Destaca-se ainda o fato de que para cada colmo cortado existe o nascimento de outro, em menos de um ano (Azzini & Salgado, 1981).

O bambu adquire sua máxima resistência entre 3 e 6 anos; após 6 anos essa resistência começa a declinar, à medida que o colmo vai secando e seu rizoma se torna improdutivo. A idade mais apropriada para o corte do colmo situa-se entre os 2 e 6 anos, dependendo da espécie e de sua aplicação final (Lopes, 1974).

Somente colmos adultos devem ser colhidos; os colmos jovens devem ser deixados na moita, não apenas para crescerem mas, principalmente, para fornecerem alimentos para a planta. Dependendo da espécie e do clima, um colmo estará maduro entre 3 e 5 anos, e esta idade pode ser identificada pela colocação anual de alguma marca nos colmos (Janssen, 1988).

O corte deve ser efetuado na estação seca, porque nesta época o colmo tem o menor conteúdo de umidade, facilitando o transporte e reduzindo o ataque por fungos. No Brasil, a melhor época para o corte é entre os meses de maio e agosto, período em que os bambus contêm menos quantidade de seiva elaborada e os insetos estão em hibernação (Janssen, 1982; Liese, 1985; Carrasco et al., 1995).

unesp

As espécies de bambu mais difundidas no Brasil, segundo Azzini (1978), são *Bambusa tuldoides*, *B. vulgaris*, *B. vulgaris var. vittata*, *Dendrocalamus giganteus*, e algumas espécies do gênero *Phyllostachys*.

No Estado de São Paulo, a ocorrência de bambu está limitada a alguns tipos exóticos que foram trazidos por imigrantes e se propagaram como se fossem nativos (Nomura, 1986).

3.2 Características Anatômicas

As propriedades de um colmo são determinadas por sua estrutura anatômica. Nos internós, as células são axialmente orientadas, enquanto os nós fornecem interconexões transversais (Liese, 1985).

A parte externa do colmo é formada por duas camadas de células epidermais cobertas por uma camada cutinizada e com cera. Mais internamente, ocorre uma camada mais espessa e altamente lignificada, constituída de numerosas células esclerenquimáticas (fibras), dificultando qualquer movimento lateral de líquidos.

O tecido de um colmo é composto pelas células de parênquima, feixes vasculares e pelas fibras. O colmo é constituído por cerca de 50% de parênquima, 40% de fibra e 10% de tecidos condutores.

Os feixes vasculares condutores compreendem o xilema e o floema, os quais são menores e mais numerosos na periferia do colmo e maiores e em menor número na parte interna do colmo. Dentro da parede do colmo o número total de feixes vasculares diminui da base para o topo, porém, na mesma direção, densidade do colmo aumenta.

As fibras constituem o tecido esclerenquimático e ocorrem nos internós, como cobertura dos feixes vasculares, constituindo de 40 a 50% do tecido total do colmo e de 60 a 70% de sua massa. Seu comprimento geralmente aumenta em direção ao centro do internó e diminui da parte

unesp

externa do colmo até a parte interna, estando as menores fibras sempre perto dos nós, e as mais longas no meio do internós.

Na direção vertical, a quantidade de fibras aumenta da base ao topo do colmo e a quantidade de parênquima diminui, onde se conclui ser um desperdício não utilizar as partes mais altas de um colmo, os quais possuem um alto conteúdo de fibras.

Wang (1991), apresentou resulados de uma pesquisa sobre 9 espécies de bambus, onde foram determinadas as porcentagens de parênquima, fibras e vasos condutores, sendo obtidos respectivamente os valores 51 a 58%, 29,7 a 35,7% e 11,3 a 16,5%, exceto para o bambu colombiano *Guadua angustifolia*, que apresentou os valores 77%; 9% e 14%.

Beraldo & Zoulalian (1995) apresentaram a distribuição dos elementos anatômicos das espécies de bambu *Phyllostachys viridis* (leptomorfo) e *Dendrocalamus giganteus* (paquimorfo) localizados nas camadas interna, intermediária e externa do colmo, conforme Tabela 3.1.

TABELA 3.1 – Distribuição dos elementos anatômicos de duas espécies de bambu (Beraldo & Zoulalian, 1995)

Camada do Colmo	***Dendrocalamus giganteus***			***Phyllostachys viridis***		
	Vasos %	Fibras %	Parênquima %	Vasos %	Fibras %	Parênquima %
Interna	11	16	73	13	24	63
Intermediária	9	32	59	13	37	50
Externa	8	55	37	10	63	27

Estes autores mostraram que a espécie *Dendrocalamus giganteus* deve ser mais suscetível internamente ao ataque de microrganismos devido a maior concentração de células de parênquima nesta região, enquanto a espécie *Phyllostachys viridis* deve apresentar maior resistência mecânica devido a

unesp

maior concentração de fibras externamente. Ainda, ambas as espécies mostram uma concentração de fibras três vezes maior na camada externa, ocorrendo o inverso com as células de parênquima.

Os principais constituintes químicos do colmo do bambu são celulose, hemicelulose, lignina e, em menores quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. A composição varia com a espécie, as condições de crescimento, a idade e a parte do colmo. A proporção de lignina e carboidratos varia durante o período de maturação do colmo, mas, após este período, a composição química tende a permanecer constante (Liese 1985).

Itoh & Shimaji (1981), citados por Liese (1987), demonstraram que o crescimento dos colmos de bambu possui vários estágios de lignificação da base para o topo de um mesmo colmo. Longitudinalmente, a lignificação em cada internó ocorre do topo em direção à base do colmo, enquanto que transversalmente ele ocorre de dentro para fora, se completando em uma estação de crescimento.

3.3 Propriedades físicas e mecânicas

O bambu possui excelentes propriedades mecânicas, as quais são influenciadas pelo conteúdo de umidade do colmo, e se correlacionam com sua idade e densidade, mas dependem principalmente do conteúdo de fibras.

As fibras são as principais responsáveis pela resistência dos bambus, tendo em geral uma distribuição de 40 a 90% na parte externa e de 15 a 30% na parte interna (Ghavami, 1995).

Vários autores, Janssen (1981), Liese (1987), Ghavami et al. (1988), Beraldo & Zoulalian (1995), observaram que na determinação das propriedades mecânicas dos colmos do bambu, o principal inconveniente tem sido a inexistência de uma padronização dos ensaios, o que tem levado à

unesp

tendência de cada pesquisador adotar sua própria metodologia, o que torna a comparação de resultados extremamente difícil.

Sekhar & Bhartari, citados por Liese (1987), demonstraram que, com a diminuição da espessura da parede do colmo da base em direção ao topo, ocorreu um aumento na resistência mecânica, especialmente nas paredes internas, enquanto nas paredes externas esta característica muda muito levemente. A resistência do colmo em tração e em compressão aumenta até os 6 anos de idade, e até os 8 anos aumenta a resistência à flexão; entretanto, todas estas características diminuem nos colmos mais velhos.

A Tabela 3.2 mostra valores médios de algumas propriedades de resistência das espécies *Dendrocalamus giganteus* e *Bambusa vulgaris*.

TABELA 3.2 – Dados de propriedades de resistência de duas espécies de bambu (Lima Jr, 1995)

	Dendrocalamus giganteus	*Bambusa vulgaris*
Resistência à compressão (kgf/cm²)	770	650
Resistência à tração (kgf/cm²)	1500	1500
Resistência à flexão (kgf/cm²)	520	310
Módulo de Elasticidade à tração (kgf/cm²)	11000	9000
Internós (cm)	55 – 65	35 – 45
Diâmetro (cm)	12 – 14	7 – 8
Espessura (cm)	1,0 – 1,2	0,6 – 0,8

O bambu possui um densidade aproximado de 0,80 g/cm^3. Comparado com outros tipos de materiais, como pode-se observar na Tabela 3.3, última coluna, a sua resistência específica é a mais alta, maior até que a do alumínio. Esta propriedade tem contribuído para incentivar as pesquisas que utilizam este material para fins estruturais. Seu baixo módulo de elasticidade e alto índice de absorção apresentam-se como características desfavoráveis para determinados usos.

unesp

TABELA 3.3 – Relação entre a resistência e a densidade de alguns materiais, adaptado de Ghavami et al. (1992)

Tipos de materiais	Resistência à tração ® (kgf/cm²))	densidade | (g/cm³)	$R = \frac{®}{\|} \times 10^{-3}$	$\frac{R}{R_{aço}}$
Aço (CA 50A)	5000	7,83	0,63	1,0(ref.)
Bambu	1400	0,80	1,75	2,75
Latão	4000	7,51	0,53	0,84
Alumínio	3040	2,70	1,13	1,79
Ferro fundido	2810	7,20	0,39	0,62

Os valores gerais para as propriedades mecânicas do bambu correspondem de acordo com Ghavami et al.(1992) a:

- Resistência à compressão : 400 a 900 kgf/cm²;
- Resistência à tração : 2,5 a 3,5 vezes sua resistência à compressão;
- Resistência à flexão : 700 a 1500 kgf/cm².

As propriedades de resistência do bambu são influenciadas pelo conteúdo de umidade do colmo quando estiver abaixo do ponto de saturação. Geralmente, na condição seca a resistência é maior que na condição verde, sendo esta diferença mais facilmente percebida em colmos jovens do que em colmos de maior idade.

Segundo Janssen (1988) e Lippert (1976) citado por Pereira (1997), as propriedades mecânicas do bambu dependem da espécie, da idade do colmo, do conteúdo de umidade, da posição ao longo do colmo e das posições e quantidades de nós e internós e de outras condições que podem afetar a sua resistência. Para fins práticos, os autores apresentaram alguns coeficientes, conforme a Tabela 3.4, que são multiplicados pela densidade, em kg/m^3, dos colmos, para se obter a tensão admissível em Pa (N/m²).



TABELA 3.4 – Coeficientes para multiplicar a densidade do bambu para obter a tensão admissível (Janssen, 1988)

Espécie	Compressão	Flexão	Cisalhamento
Bambu seco (12% umidade)	13000	20000	3000
Bambu verde (úmido)	11000	15000	

Hsiung (1988) forneceu alguns dados gerais sobre as propriedades físicas de espécies comerciais de bambu: ponto de saturação de fibras (30 – 35%); densidade (600 – 770 kg/m^3); contração radial (4 – 5%); contração longitudinal (0,3 – 0,5%); contração tangencial (3 – 4%) e poder calorífico (4550 – 4680 cal/g).

3.4 Utilização do bambu

A utilização do bambu é reconhecida desde os anos 2500 a.C., conforme os mais antigos caracteres chineses identificados, onde o bambu aparece representado. A China tem uma grande tradição na utilização do bambu, sendo estimado cerca de 4000 diferentes usos tradicionais, nas áreas de construção, agricultura, artesanato, utensílios domésticos, cultura, artes e atividades diárias das pessoas, desenvolvendo um importante papel na economia rural desse país (Hsiung, 1988).

Por séculos, os bambus têm desempenhado um importante papel na vida diária das pessoas de muitos países tropicais, especialmente da Ásia. A despeito de sua utilização universal, seu conhecimento é ainda incompleto e os relatos ainda sujeitos a controvérsias (Liese, 1985).

O bambu é um recurso natural que menos tempo leva para ser renovado, não havendo nenhuma espécie florestal que possa competir em velocidade de crescimento e aproveitamento por área. Suas propriedades

unesp

estruturais, tomadas com relação ao peso e à resistência, superam de longe as da madeira, podendo ser comparada ao aço e às fibras (Jaramillo, 1992).

Observa-se na Tabela 3.5 que, para a produção de um mesmo volume de material que resista a 1 MPa (10 kgf/cm²), o bambu é o material que requer menor consumo de energia, seguido pela madeira e pelo concreto, enquanto o aço apresenta valores 50 vezes superiores ao bambu.

TABELA 3.5 – Relação Resistência x Energia (Ghavami, 1992)

MATERIAL	Bambu	Madeira	Concreto	Aço
$MJ/m^3/MPa$	30	80	240	1500

Em trabalho com composição bambu-cimento, Beraldo & Zoulalian (1995), citaram algumas vantagens e inconvenientes na utilização do bambu. Como vantagens citam: multiplicidade de usos, baixo custo, controle de erosão, uniformidade e rapidez de crescimento, disponibilidade e rusticidade, grande número de gênero e espécie, facilidade de transporte, aproveitamento total, facilidade de corte, resistência mecânica adequada, alta resistência específica, estrutura anatômica, possibilidade de combinação com outros materiais. Os inconvenientes são: baixa durabilidade natural, combustibilidade, geometria irregular, abrasividade, dificuldade de secagem, variabilidade de comportamento físico-mecânico, dificuldade de realizar ligações, instabilidade dimensional, baixa aderência com aglomerantes, baixo módulo de elasticidade, incompatibilidade química com alguns aglomerantes.

A utilização do bambu é mais intensa nos países asiáticos e nos países em desenvolvimento. A seguir, alguns exemplos de países com as suas utilizações:

A China utiliza o bambu desde 2500 a.C., em mais de 30.000 pequenas aplicações e emprega milhões de pessoas, das quais 60% são mulheres. Calcula-se que mais de 1.000 especialistas em bambu trabalham no setor de pesquisa de silvicultura chinesa. A sua aplicação vai desde o uso em

unesp

casas, pontes, materiais de construção em geral, a alimentos e produtos medicinais.

O Equador e a Colômbia ostentam uma rica tradição em bambu, onde evidências encontradas sugerem que o bambu tenha sido um dos principais materiais de construção usado pelos seus primeiros habitantes. Há um interesse renovado pelo bambu, especialmente como um material apropriado para construção contra terremoto e para alojamento de emergência. Também é usado em conservação ambiental e projetos de recuperação de terras.

O Peru foi o primeiro país da América do Sul a assinar o tratado de INBAR (International Network for Bamboo and Rattan), reconhecendo o potencial do bambu, particularmente em regiões montanhosas. Sua reserva de mais de 4 milhões de hectares fica situada na parte amazônica do país, por isso o Peru importa uma quantidade significativa para suprir suas necessidades do Equador.

A Índia tem um dos maiores recursos de bambu no mundo, em termos de diversidade de espécies e área de distribuição. O bambu ocupa aproximadamente 13% de suas florestas, e é associado ao sustento de milhões de pessoas, usado como fonte de abrigo, comida e medicamento. Suporta vários setores econômicos como pesca fluvial e sericultura, além de ter um papel importante na agricultura.

Embora seja um país pequeno, as Filipinas sempre foram um dos maiores provedores de bambu para os mercados mundiais, com um consumo interno significante. Estima-se que mais de 30.000 pessoas encontram-se envolvidas direta ou indiretamente no cultivo, processamento e distribuição dos produtos de bambu.

O Brasil é o único país americano que usa bambu na fabricação de celulose e papel. Fora dessa aplicação, o Brasil não tem tradição em trabalhar com esse material intensivamente, existindo somente uma pequena produção de móveis, artesanato e vara de pescar realizadas de maneira artesanal.

unesp

4 PISOS

4.1 Generalidades

Piso é uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve. É considerado trânsito leve o de residências e escritórios, sujeito a pequenos desgastes. O piso industrial deve ser concebido para trânsito pesado submetido às condições severas de desgaste, devido aos danos mecânicos ou ao ataque de agentes químicos.

Para um desgaste muito intenso exige-se uma superfície muita dura como a de concreto, ladrilhos duros ou mesmo chapas de aço, num caso extremo. Por outro lado, é possível que a melhor resistência ao desgaste possa ser oferecida por um solo resiliente de borracha, que impede a penetração de partículas, deformando-se sobre as mesmas.

Pisos para a utilização em trânsito leve apresentam uma resistência menor do que a dos fabricados para as condições mais severas de uso, como os industriais. Para proteger superfícies submetidas a pequenos desgastes utilizam-se camadas de proteção superficial como demãos de cera ou vernizes, com diferentes resistências de durabilidade. Quando ocorre o desgaste, remove-se o material de proteção superficial e aplica-se nova camada sobre o substrato, aumentando sua vida útil.

Outros fatores que podem acelerar o desgaste de um piso são grandes pesos depositados, arrastados sobre o mesmo e saliências que podem ocasionar juntas inadequadamente executadas.

Alguns fatores que se devem considerar na hora da escolha de um piso são: compatibilidade ao acabamento, adequação ao ambiente e economia em relação ao desgaste, manutenção e conservação.

As principais qualidades necessária a um piso são:

unesp

- resistência ao desgaste ao trânsito;
- apresentar atrito necessário ao trânsito;
- baixo custo;
- fácil conservação;
- inalterabilidade (cor, dimensão) e decorativo.

Azeredo (1977) classifica os pisos em:

1) Madeira: soalho, taco e parquetes;
2) Cerâmicos: quadrado, retangular, sextavado e cacos;
3) Pedras: naturais (granito, arenito e mármore) e artificiais (granito, arenito e concreto);
4) Ladrilhos hidráulicos;
5) Resinas;
6) Vidro;
7) Fibra.

4.2 Características dos principais tipos de pisos de madeira

Os tacos, tábuas e carpetes são os pisos de madeira mais utilizados. A seguir, mencionam-se as principais características desses pisos visando maior compreensão de como são produzidos.

4.2.1 Tacos

Tacos são, segundo Yazigi (1998), peças de madeira de seção retangular, preferencialmente de encaixe macho e fêmea. As suas dimensões variam e os tamanhos mais usuais são 1,8 x 7,0 x 21,0 cm, como mostra a Figura 4.1. Existem também dimensões especiais para se compor desenhos específicos:
(7 x 28,7 x 1,8 cm), (7 x 35x 1,8 cm) e (5 x 12 x 1,8 cm).

unesp

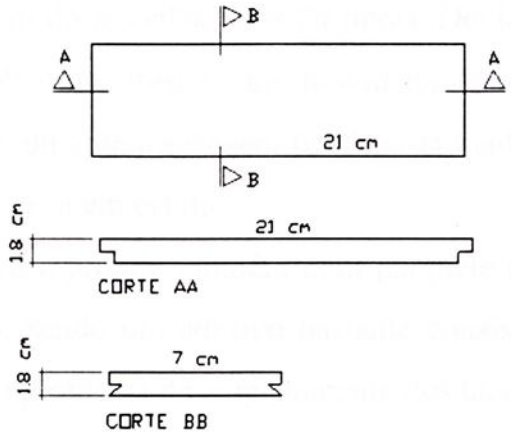


FIGURA 4.1 – Taco tradicional

Os tacos podem ser confeccionados com madeiras nativas de diferentes resistências e custos. Algumas espécies utilizadas são: peroba-rosa, ipê, pau-marfim, maçaranduba, dentre outras (Borges, 1981).

Tradicionalmente, as partes laterais dos tacos são chanfradas com o perfil tipo "cauda de andorinha", que serve para melhorar a fixação. A sua base deve ser preparada para a aplicação da fixação dos tacos com a argamassa. Essa preparação é aconselhável para aderir a madeira à argamassa; para tanto, molha-se a costa do taco em asfalto derretido e, em seguida, com o asfalto ainda líquido, bate-se em uma superfície que contenha pedriscos, formando assim uma superfície áspera como se fosse um chapisco de asfalto e pedrisco; por fim coloca-se o prego tipo "asa de mosca", deste modo, há condições para que o taco se fixe na argamassa. Alguns tacos apresentam um sistema de encaixe macho e fêmea, fendas ou canais, que tem por finalidade aumentar a fixação dos mesmos.

Outras maneiras de assentar os tacos são:

- ***Tacos assentados com cola (branca) de emulsão***

Trata-se de adesivo plástico à base de PVA (acetato de polivinila), apresentado em forma de líquido viscoso branco. Seu endurecimento é rápido,

permitindo a raspagem do assoalho após 24 horas. Devido a sua plasticidade, proporciona fácil aplicação. Resiste aos movimentos impostos pelas resinas duras de acabamento, durante a secagem residual da madeira dos tacos, a qual deve ser previamente seca em estufa.

A cola branca é própria também para parquete de pouca espessura e para madeiras claras, sendo um adesivo bastante consistente. Contém pouca água, o que diminui o problema de empenamento dos tacos ou parquetes.

- ***A colocação pregada***

A colocação pregada é a mais conhecida, sendo a única colocação utilizada desde a origem até a aparição do parquete mosaico colado.

Colocam-se os tacos sobre um suporte em madeira, que pode ser um piso falso, painéis de partículas, chapa ou lâminas. Esta técnica propicia uma boa isolação acústica, sendo também a mais utilizada.

- ***Piso flutuante***

De origem escandinava, os parquetes flutuantes são de fácil colocação em obra, mesmo por um amador. As lâminas são ligadas entre si, sistema macho e fêmea, colando as ranhuras. Para isso, são usadas colas especiais do tipo vinílicas, resistentes à umidade.

O parquete não é fixo no solo e ele se mantém no lugar por seu conjunto e sua massa. Este modo de colocação é simples, não requer nenhuma preparação do suporte, que pode ser de: concreto, chapa de cimento amianto, painel de partículas, cerâmica, emborrachado, carpete ou forração.

4.2.2 Tábua corrida

Os assoalhos de tábuas constituem outra modalidade de piso de madeira, o qual foi muito utilizado antes do aparecimento dos tacos e da utilização de lajes de concreto para piso dos pavimentos superiores. O formato de um assoalho pode ser montado com um sistema de encaixe tipo macho e

unesp

fêmea, e também possui sulcos longitudinais na face inferior para evitar o empenamento das peças. As dimensões das tábuas variam de acordo com os fabricantes, e em média, possuem a largura de 10 a 20 cm, espessura de 1,8 cm e comprimento de 250 a 550 cm, sendo aconselhável evitar emendas (Borges, 1981).

As tábuas devem ser aplicadas em superfícies planas e sólidas (laje ou contrapiso de concreto impermeável) e fixadas sobre caibros. O subpiso ou lastro deve ser executado em concreto com aditivos impermeabilizantes para evitar que a umidade seja transferida para a madeira; é conveniente também, que no processamento da madeira a medula seja cortado e descartado, caso isso não ocorra, o lado que contém a medula deverá ser posicionado para baixo. As tábuas são apoiadas e fixadas sobre vigas de seções variáveis em função dos vãos a serem vencidos e espaçamento, dependendo da espessura da madeira.

4.2.3 Assoalho moderno

Os assoalhos podem ser compostos por componentes fabricados por diversas camadas de lâminas de madeira, normalmente finalizados por uma lâmina de espécie escolhida, com boa aceitação estética no mercado. Estes componentes são totalmente pré-fabricados nas indústrias, inclusive o revestimento de proteção superficial; após a aplicação *in loco*, não necessitam qualquer tratamento. Podem ser encontrados nas dimensões de 20 cm de largura e 2,4 cm de espessura. Têm a vantagem de ser práticos com juntas inteiramente vedadas, de fácil conservação, podendo ser protegidos por verniz de alta resistência.

unesp

5 DESGASTE ABRASIVO

5.1 Generalidades

O desgaste é um estudo que faz parte da tribologia, que é definida como sendo uma ciência ou tecnologia que estuda superfícies que interagem em movimento relativo. Tem sua origem na palavra grega "tribus" significando atritamento. A tribologia estuda o atrito, lubrificação e desgaste da superfície, com o propósito de analisar e compreender em detalhes as interações que ocorrem entre elas (Crnkovic, 1993).

Segundo a "Organization for Economic Cooperation and Development - OECD", o desgaste é um dano causado em uma superfície sólida, geralmente envolvendo perda progressiva de material, devido ao movimento relativo entre a superfície e uma ou mais substâncias em contato com ela (Abbade,1999).

Os principais processos de desgaste encontrados na literatura técnica classificam-se em:

a) *Adesivo*: ocorre pela transferência de material de uma superfície para outra durante o movimento relativo, devido à formação de junções na fase sólida.
b) *Por fadiga*: ocorre através da remoção de partículas devido às variações cíclicas de carga.
c) *Corrosivo*: ocorre quando predominam as reações químicas ou eletroquímicas com o meio.
d) *Abrasivo*: ocorre pela retirada de material devido a partículas duras ou protuberantes forçadas contra uma superfície sólida e em movimento relativo com ela. O desgaste abrasivo pode também ser subdividido em desgaste abrasivo de dois corpos e três corpos. Desgaste de dois corpos são causados por protuberâncias duras contra uma superfície, enquanto o desgaste de três corpos são partículas duras que ficam soltas, giram e

unesp

deslizam entre duas superfícies. Pode-se observar esses dois processos na Figura 5.1a.

e) *Erosivo*: ocorre quando um corpo é desgastado pelas interações mecânicas com um fluido, com um ou mais componentes, ou pelo impacto sucessivo de partículas sólidas ou líquidas (Figura 5.1b).

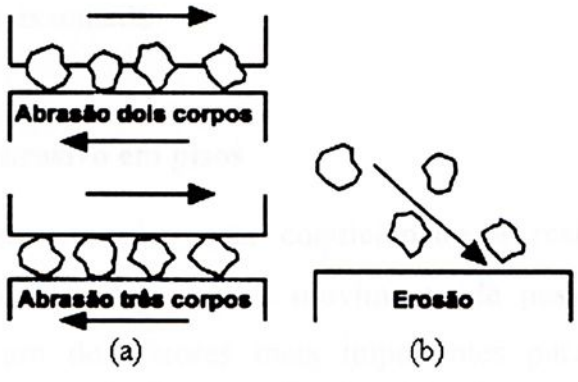


FIGURA 5.1 – Esquema do desgaste abrasivo (a) e desgaste erosivo (b)

5.2 Medidas de desgastes

Os métodos de medidas de desgastes usualmente utilizados no estudo dos processos abrasivos são:

a) *Método de pesagem*

Este é um dos processos mais simples de detectar o desgaste, pois permite verificar imediatamente a quantidade de desgaste de forma numérica pela pesagem do corpo de prova, antes e após o ensaio. São necessárias balanças precisas, uma vez que as mudanças de massa devido ao desgaste são da ordem de poucos miligramas.

b) *Método de medida do corpo de prova*

Este método consiste em se medir o corpo de prova, antes e após o ensaio de desgaste, utilizando equipamentos que possuam sensibilidade da ordem de décimos de micra.

c) *Medidas óticas de mudanças nas características superficiais*

unesp

É a observação periódica de algumas características superficiais de geometria conhecida, deduzindo as mudanças de tais observações, em volume. Estas características podem ser ranhuras, cones, etc.

d) *Coleta de restos de desgaste*

A quantidade de desgaste pode algumas vezes ser estimada simplesmente pela coleta dos restos de desgaste; entretanto, este método não é tão simples de ser executado.

5.3 Desgaste abrasivo em pisos

O desgaste em piso está condicionado à resistência à abrasão superficial quando um objeto ou o movimento de pessoas passa sobre o mesmo. Esse é um dos fatores mais importantes para se determinar o desempenho da vida útil de um piso. Um método para determinar a resistência ao desgaste é medi-la na prática; entretanto, este método torna-se inviável se for considerado o longo tempo de sua aplicação. Para verificar esse desgaste em um período mais curto, vários grupos de estudos internacionais criaram e testaram máquinas abrasivas para determinar a resistência do piso.

Devido ao grande número de métodos desenvolvidos em várias partes do mundo, verificou-se que seus resultados nem sempre eram coerentes entre si, em função de diversos fatores como: material, tipo de abrasivo, quantidade de abrasivo, tamanho das partículas de abrasivo, pressão do dispositivo de abrasão sobre o material do piso e outras condicionantes ocorridas durante o teste (Frick, 1969).

Alguns fatores que podem ocorrer durante os testes e que podem influenciar o resultado são as pequenas variações com relação à umidade e à temperatura, que cuja magnitude dependem da norma utilizada. Existe uma grande quantidade de máquinas normatizadas e cada uma delas apresenta seus valores ideais para essas variáveis, consequentemente os resultados das análises apresentarão valores diferentes.

unesp

No caso de pisos de madeira e de bambu as mudanças de umidade e temperatura podem provocar variações sensíveis nos resultados, visto que o efeito de absorção da água causa mudanças nas propriedades destes materiais, portanto, este é um importante parâmetro a ser considerado (Godbole & Lakkad, 1986).

Frick (1969), em experiências com vários materiais de pisos e diferentes métodos de testes, concluiu que a possibilidade de criar um método capaz de reproduzir exatamente a abrasão de um piso dependerá de vários controles estabelecidos e da avaliação de como esses fatores afetam a abrasão nos diferentes materiais.

Profissionais técnicos envolvidos no controle do desempenho de desgaste de produtos estão continuamente em busca de um ensaio que considere o maior número de condicionantes, simulando a realidade de utilização. Desta forma, procuram conhecer o comportamento do material em situação de uso e propor soluções a problemas que possam diminuir sua vida útil.

O fator principal para medir o desgaste está na correlação entre a ação do desgaste e a perda do material resultante de algum tipo de ação abrasiva.

Irwin (1976) mencionou alguns pesquisadores que criaram métodos para realizar os testes de desgaste abrasivo. Segundo este autor, existem pelo menos vinte tipos de máquinas abrasivas para medir a resistência de um piso. Abordou também o fato de que os equipamentos começaram a ter um maior desenvolvimento a partir de 1961, com os resultados publicados pelo "International Study Committee for Wear Tests of Flooring Materials".

Em 1963, Soininen e Austerinen fizeram uso de areias soltas sobre uma máquina do tipo fricção. Gavan, em 1967, relatou um estudo para o ensaio de desgaste em degraus de uma escada com lixas abrasivas denominadas Armstrong.

Warlon et al. (1967) simularam o movimento de um pé em uma máquina abrasiva complexa. Em 1969, Frick testou alguns pisos através de

unesp

rodas abrasivas com carga em uma máquina do tipo Taber Abraser, utilizando grãos de areia sobre a amostra.

Para pisos de madeira existem várias normas para executar o ensaio de abrasão, as mais estudadas e aplicadas na atualidade são apresentadas a seguir.

A subcomissão D07.91, do grupo da ASTM D7, que pesquisa sobre testes em materiais de madeira apresentou em 1977, aprovado em 1993, um método padrão da ASTM D2394-83 para simular desgastes em pisos de madeira e seus derivados. Entre vários ensaios para pisos, nesta norma, podem ser encontrados os procedimentos para medir a resistência abrasiva sobre a superfície do piso. Este método utiliza uma máquina de desgaste Navy-tipy (Navy-type Wear Tester), que faz uma simulação da ação de um pé humano quando está caminhando, que é uma combinação de deslizamento e torção, resultando um desgaste uniforme. Essa norma tem como referência o padrão da ASTM D1037 - "Métodos de testes para a avaliação das propriedades de materiais de painéis" e a ASTM E-72 – "Método para conduzir os testes de painéis para a construção".

A ASTM D 1037 apresenta os procedimentos para realizar vários testes nas amostras de madeiras e outros materiais derivados da madeira. Um desses testes é para realizar a medição da resistência ao desgaste abrasivo. Os testes são conduzidos na máquina de abrasão Navy-type.

A norma ASTM C501-84, método de teste padrão para a resistência ao desgaste em pisos de cerâmica pela Taber Abraser, está sendo utilizada pela "Bamboo Floring Internacional", empresa localizada nos EUA, que trabalha há mais de 30 anos com pisos de "plywood" e há 10 anos com pisos de bambu, manufaturados na Ásia. Essa norma foi adaptada para poder ser utilizada no substrato de madeira e bambu, com proteção superficial de alta resistência.

No Brasil, a norma mais utilizada para o desgaste abrasivo é a ASTM D4060-95, a qual será mencionada e detalhada no decorrer do presente trabalho. É um método muito utilizado nas análises das amostras de pisos da

unesp

empresa Novo Piso, localizada em Cruzeiro – SP, e também pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT.

5.4 Pesquisas recentes na área de desgaste abrasivo em madeira e bambu

Nas últimas décadas poucas pesquisas foram realizadas sobre o desgaste abrasivo em madeira e bambu. Essas pesquisas foram mais intensas na região asiática, como a Malásia, China e Indonésia.

Em 1988, os pesquisadores Mohmod, Mustafa, Samed e Midon, do Instituto de Pesquisa Florestal da Malásia, estudaram a resistência do desgaste em duas espécies de bambu comercial da Península da Malásia e sua conveniência para a aplicação como material de piso.

As espécies de bambu *Bambusa vulgaris* e *Gigantochloa scortechinii* foram comparadas com madeiras "kempas" e "rubber", espécies utilizadas para pisos tradicionais.

O procedimento para a realização dos testes de resistência ao desgaste abrasivo foi adaptado da norma ASTM D 1037-72a, utilizando uma máquina similar à do "U.S.Navy Wear Tester". A conclusão do estudo mostrou que a resistência abrasiva dos bambus foi 30% superior a da madeira "kempas" e cinco vezes maior que a da madeira "rubber". Portanto o bambu, é um material que pode ser utilizado para fabricar pisos com trânsito médio. Os resultados também mostraram que o *B. vulgaris* é mais resistente ao desgaste abrasivo do que *G. scortechinii*.

Tong et al. (1995) estudaram o desgaste abrasivo em uma espécie de bambu (*Phyllostachys pubescens*) empregando contra-abrasivo de areias (quartzo e bentonita) em uma máquina de abrasão do tipo disco rotatório. Na análise da superfície das várias amostras desgastadas, os autores puderam observar que a geração dos resíduos do desgaste ocorreu devido aos



mecanismos de microcorte e microquebra induzidos por partículas abrasivas duras.

Os autores observaram que a profundidade de abrasão no bambu está relacionada com a dimensão da partícula abrasiva: quanto menor for, menor será a profundidade da abrasão. Observou-se também que as orientações das fibras do substrato em contato com a superfície abrasiva têm uma influência importante na performance do desgaste abrasivo. As amostras orientadas na direção normal apresentaram maior resistência à abrasão do que as orientadas na direção paralela às fibras.

Othtani et al. estudaram, em 1996, as condições e a origem do efeito do tamanho do grão sobre o desgaste abrasivo em madeira. Para este estudo do tamanho de grão crítico, foram feitos testes de desgastes abrasivos em onze espécies de madeira, quatro madeiras macias (softwoods) e sete madeiras duras. O efeito do tamanho do grão crítico do desgaste abrasivo para madeiras apareceu quando uma pequena pressão na superfície foi aplicada durante o desgaste, mas desapareceu com pressões maiores.

Em 1999, Yakou et al. analisaram o efeito do tamanho do grão sobre o desgaste abrasivo do bambu. Os testes foram executados desgastando o bambu da espécie mosochiku (*Phyllostachys pubescens Mazek*) com papéis abrasivos de diferentes tamanhos de grãos, nas superfícies internas e externas. O desgaste abrasivo foi menor na superfície externa do que na interna, pois está relacionado com a resistência deste material, que varia nestas superfícies e com a posição da superfície desgastada.

unesp

6 FUNDAMENTOS PARA OS ENSAIOS REALIZADOS

Este capítulo descreve os materiais utilizados durante os experimentos, as normas empregadas para os mesmos e, por último, os procedimentos para a realização dos ensaios.

6.1 Material utilizado nos ensaios

A proposta do trabalho foi o estudo da resistência ao desgaste de piso de bambu como uma solução alternativa para usos residenciais. Entretanto, o cunho aplicativo dado à pesquisa conduziu ao estudo comparativo entre o bambu e espécies de madeira utilizadas para este fim.

6.1.1 Madeira

Três espécies de madeiras foram escolhidas para a parte experimental da pesquisa, mencionadas a seguir, e suas fichas técnicas podem ser encontradas no anexo 1:

- ***Maçaranduba***

Por ser uma das espécies de madeira empregadas na fabricação de pisos, a madeira maçaranduba, *Manilkara elata (Fr. Allern.) Monac.*, foi escolhida para ser uma referência comparativa ao desgaste e por ter, principalmente, alta resistência mecânica e boa durabilidade natural.

- ***Peroba-rosa***

A madeira de peroba-rosa, *Aspidosperma polyneuron Muell. Arg*, foi escolhida para ser uma referência comparativa ao desgaste por ter resistência mecânica e retratibilidade médias e por ter sido empregada como elemento de piso.

unesp

- ***Ipê***

A madeira ipê-roxo, *Tabebuia impetiginosa (Mart.) Standl.*, como as outras espécies de madeira, também foi utilizada como um modo comparativo de desgaste em relação ao bambu. Essa madeira é usada como piso por possuir alta densidade e elevada dureza.

6.1.2 Bambu

Utilizou-se para as amostras de todos os ensaios a espécie bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*), colhida na região de Bauru - SP, a partir de colmos de 3 anos e espessura de parede entre 10 e 12 mm. As informações técnicas encontram-se detalhadas no capítulo 3.

6.2 Normas técnicas utilizadas nos ensaios

As normas utilizadas para os ensaios são descritas a seguir.

6.2.1 Norma ASTM D4060/95 - Método de teste padrão para resistência abrasiva, em camadas orgânicas, por Taber Abraser

O substrato ou a camada de proteção superficial pode ser danificado por abrasão durante a fabricação e uso. Este ensaio simula o arraste de um determinado objeto com uma certa massa sob o piso acabado, ou seja, determina a resistência da camada superficial por abrasão produzida pelo máquina Taber Abraser, para um certo número específico de ciclos. A Figura 6.1 apresenta o equipamento.



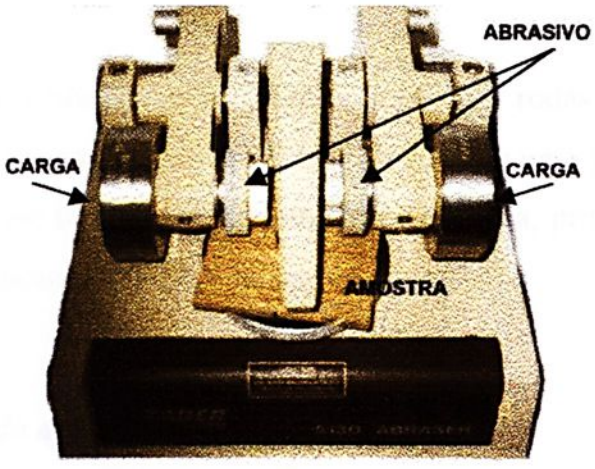


FIGURA 6.1 – Equipamento Taber Abraser com a sua montagem[4]

A seguir, apresentam-se as especificações adotadas para a realização dos ensaios

a) ***Abrasivos***

A norma D-4060–95 indica a utilização de rodas abrasivas CS–10 ou CS–17. A CS–17 produz uma ação abrasiva mais intensa, enquanto a CS–10 produz uma ação abrasiva mais suave. A Figura 6.2 ilustra alguns tipos de rodas abrasivas

As rodas abrasivas são compostas de partículas abrasivas de óxido de alumínio e borracha.



FIGURA 6.2 – Rodas abrasivas para o equipamento Taber Abraser[5]

[4] Fonte: A foto foi realizada e montada pelo autor.
[5] Imagem do Catálogo Taber Industries, North Tonawanda NY, 1999

b) ***Carga***

Para cada ciclo utiliza-se uma carga aplicada nas rodas abrasivas de 500 a 1000 gramas. Esta carga tem a finalidade de exercer uma pressão sobre as rodas fazendo com que entrem em contato com a amostra, produzindo uma trilha de desgaste devido ao atrito entre as partes.

c) ***Montagem do aparelho***

As rodas de abrasivo selecionadas são ajustadas nos seus respectivos flanges, tomando-se cuidado para não os conduzir pelas suas superfícies abrasivas. Em seguida, monta-se no aparelho a carga escolhida para exercer a pressão sobre as rodas abrasivas. Para fixar a amostra monta-se a plataforma giratória (Figura 6.3) na base do equipamento e sobre essa plataforma ajusta-se uma nova superfície (S-11 lixa abrasiva de granulação 150), que servirá para posicionar as amostras ou para fazer uma leve abrasão na superfície da área da roda, onde ocorre a abrasão e se fixam os resíduos do material desgastado. As rodas abrasivas são cuidadosamente apoiadas sobre as amostras. O contador de número de ciclos é zerado, fixado e regulado para aproximadamente 5 pontos no indicador (relógio). Pode-se aumentar, se necessário, a 9 pontos, para remoção mais efetiva de partículas ("abradings").

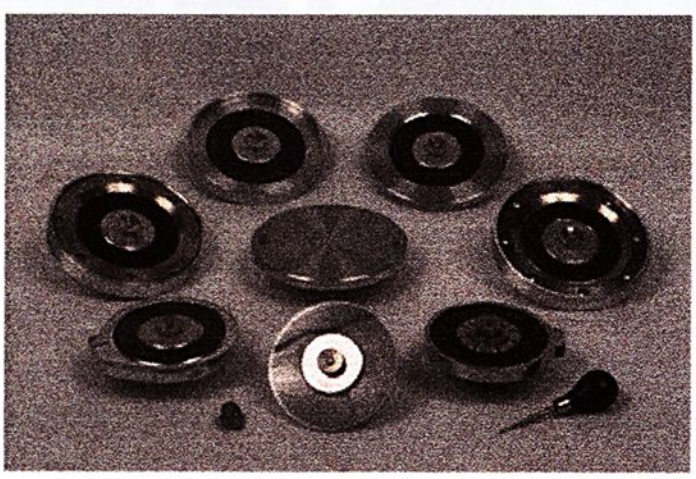


FIGURA 6.3 – Modelos de plataformas giratórias [5]

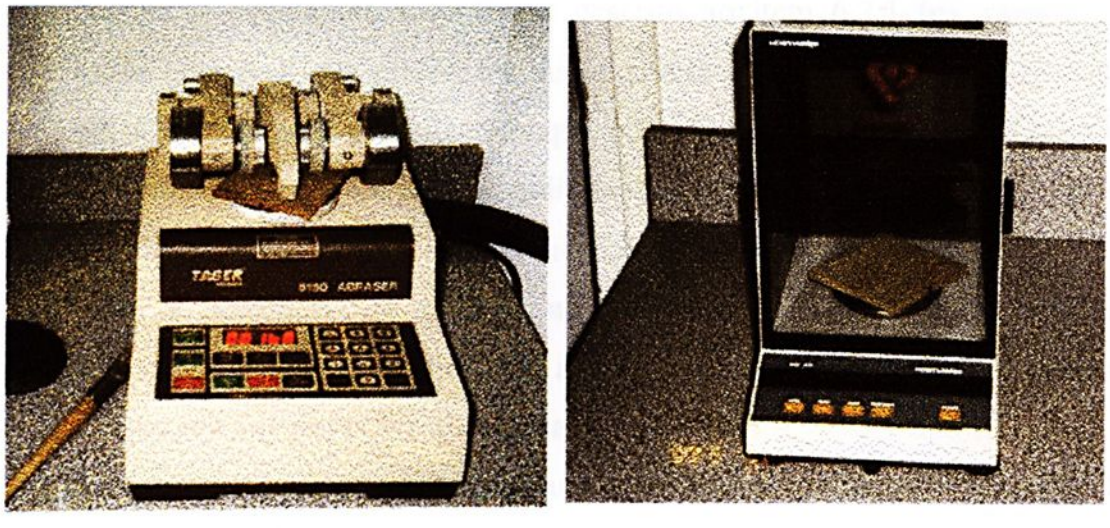
d) ***Condicionamento***

Segundo a norma, deve-se condicionar as amostras a serem ensaiadas em um período mínimo de 24 horas antes do ensaio a uma temperatura de 20 ± 3 °C. Este condicionamento serve para que os materiais sejam climatizados numa mesma temperatura, junto com a máquina que irá executar o ensaio, para garantir a menor variação dos resultados finais por influência da temperatura.

6.2.1.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados no ensaio foram:

- Taber Abraser Modelo. 5130 (Figura 6.4a);
- Paquímetro digital;
- Micrômetro digital;
- Balança digital (Figura 6.4b).



(a) **(b)**

FIGURA 6.4 – Equipamento Taber Abraser (a) e balança digital (b) [4]

A Figura 6.4a apresenta a foto do equipamento Taber Abraser modelo

5030, com a amostra fixada sobre a superfície da plataforma giratória e as rodas abrasivas posicionadas para o ensaio. Foi utilizada também uma balança digital com precisão de 0,1 mg (Figura 6.4b); os ensaios foram realizados empregando-se equipamentos da empresa Novo Piso, localizada em Cruzeiro –SP.

6.2.1.2 Metodologia do ensaio de abrasão

O ensaio de abrasão utilizando a máquina Taber Abraser foi desenvolvido conforme metodologia descrita a seguir :

a) Pesar cada amostra de teste em uma balança com precisão de mg e registrar a massa inicial, antes do início do ensaio;

b) Medir as espessuras do corpo de prova ou de sua camada de proteção superficial a ser ensaiada, em vários pontos ao longo do caminho desgastado;

c) Montar o equipamento conforme descrito no item 6.2.1 **(c), usando** as rodas abrasivas que provocam maior abrasão indicada pela norma, para obter um desgaste significativo que possa ser mensurado, pois os pisos podem ser submetidos a fortes solicitações, como é o caso da operação de lixamento durante o processo de proteção superficial;

d) Após a instalação da amostra na plataforma giratória, submetê-la ao número especificado de ciclos de abrasão ou até a uma camada específica desgastada que possa ser observada;

e) Remover qualquer resíduo (partícula solta) que permanecer na amostra de teste, escovando-a e, em seguida, novamente pesá-la;

f) Repetir esse procedimento para cada 100 ciclos do ensaio até chegar em 1000 ciclos ou ao desgaste da camada especificada.

Com o resultado dos ensaios de abrasão é efetivamente medida a perda de massa do corpo de prova mediante a diferença de massas antes e

unesp

depois do ensaio. Também recomenda-se medir o corpo de prova com paquímetro e micrômetro, obtendo sua espessura antes e depois de completar o conjunto de ciclos.

6.2.2 Norma NBR 8404 / 84 – Rugosidade superficial

A rugosidade é formada por marcas provenientes do processo de fabricação, tais como ranhuras, estrias, escamas e crateras, ou por modificações na superfície por ação química ou corrosão. Além dos aspectos construtivos, existem diversos aspectos funcionais em que a rugosidade atua de forma decisiva. De maneira geral, as peças sujeitas a esforços intermitentes ou cíclicos, desgaste por atrito ou corrosão superficial, necessitam de maior controle sobre sua condição superficial.

O ensaio é realizado por um aparelho denominado rugosímetro que, em função dos modelos comercializados, oferece diferentes opções de resoluções e parâmetros de avaliação. O parâmetro mais utilizado é o da rugosidade média – ($\mathbf{R_a}$). Trata-se de uma média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento, dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição. Esta grandeza pode ser representada como sendo a altura de um retângulo, cuja área é igual a soma absoluta das áreas delimitadas entre o perfil de rugosidade e a linha média, tendo por comprimento o percurso de medição, conforme ilustra-se na Figura 6.5. Caso seja necessário uma maior resolução para medir a rugosidade, pode-se empregar o desvio médio quadrático ($\mathbf{R_q}$) e a profundidade total de rugosidade ($\mathbf{R_t}$), de acordo com Guimarães (1999).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

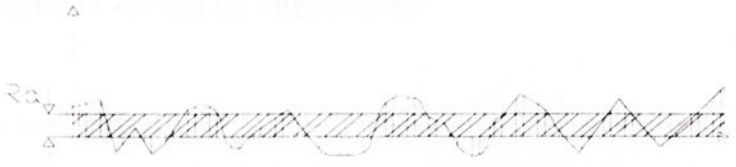


FIGURA 6.5 – Rugosidade média

O valor de R_a pode ser expresso em μm (sistema métrico) ou μinch (sistema inglês). A resolução dos rugosímetros, geralmente, é de 0,1 μm ou 0,01 μm.

As aplicações típicas de rugosidade R_a são: rolamentos, flanges, válvulas de esferas, superfícies fundidas, superfícies estampadas, superfícies usinadas em geral, entre outras.

6.2.2 1 Equipamento

Utilizou-se o equipamento Rugosímetro Mitutoyo, modelo Surftest 301, portátil, pertencente ao laboratório de metrologia da UNESP – FEG, local onde os testes foram realizados. A Figura 6.6 mostra esquematicamente um rugosímetro

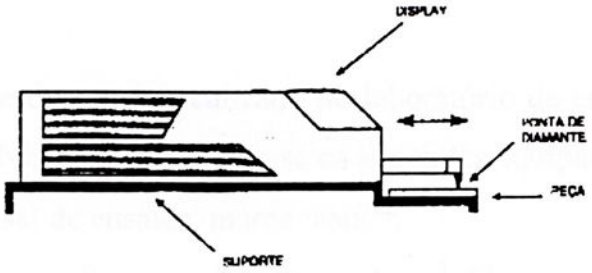


FIGURA 6.6 – Vista lateral de um rugosímetro portátil (Guimarães, 1999)

6.2.2 2 Metodologia do ensaio de rugosidade

Segundo a norma NBR 8404/84 deve-se condicionar as amostras e o equipamento durante um período de 24 horas antes do início do ensaio, na temperatura ambiente do laboratório. O rugosímetro é posicionado em um suporte e preparado com a ponta de diamante que irá percorrer uma trajetória linear na superfície da amostra. No equipamento se seleciona, quais serão os parâmetros a serem medidos. Em seguida, escolhe-se uma posição na amostra na qual será feita a leitura. Após esses procedimentos faz-se a leitura no próprio equipamento.

6.2.3 Norma ABNT – NBR 7190 / 97 – Dureza Janka

O procedimento contido nesta norma visa determinar a dureza da madeira pelo método Janka, ou seja, determinar a dureza por meio da tensão produzida pela penetração de uma semi-esfera de aço com área diametral de 1cm^2, nas direções paralela e normal às fibras da madeira. O carregamento deve ser monotônico crescente, aplicado até que a esfera penetre uma profundidade igual ao seu raio, pelo menos, em um período de 1 minuto.

6.2.3.3 Equipamento

O ensaio de dureza foi realizado no laboratório de ensaios mecânicos do DMT, FEG – UNESP, empregando-se os seguintes equipamentos:

- Máquina universal de ensaios, marca "EMIC";
- Adaptador / semi - esfera com diâmetro = 1 cm^2; Figura 6.7;
- Célula de carga de 10000 Kgf.

unesp

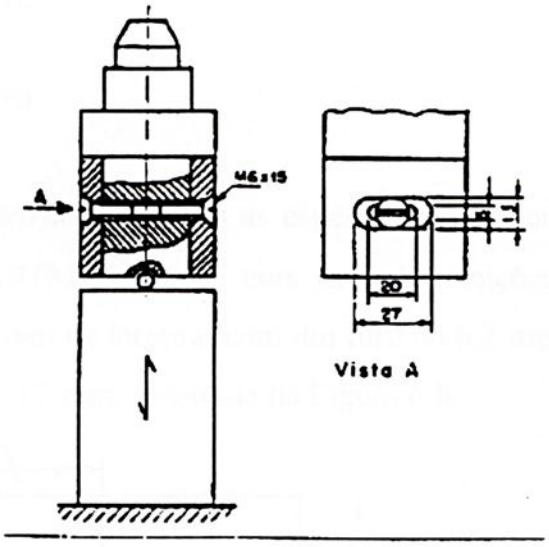


FIGURA 6.7 – Dispositivo para medir a dureza Janka (Gonçalves, 1999)

6.2.3.3 Metodologia do ensaio de dureza Janka

A semi-esfera é posicionada no adaptador, o qual é fixado na máquina universal de ensaios. Após o preparo da máquina, coloca-se o corpo de prova em uma superfície plana; em seguida, inicia-se o ensaio com a velocidade de 2 mm/min. O carregamento prossegue de forma monotônica crescente, aplicado até que a esfera penetre uma profundidade igual ao seu raio ou até que a amostra se rompa. A leitura do resultado do ensaio é feita diretamente na máquina, medida em kgf.

6.3 Ensaios realizados

A seguir, são apresentados os procedimentos adotados nos ensaios, a descrição e a identificação dos corpos de prova.

6.3.1 Desgaste abrasivo

6.3.1.1 Corpos de prova

Os corpos de prova para todas as espécies foram confeccionados de acordo com a norma ASTM D4060-95 com as padronizações: uma placa de forma quadrada de 100 mm de largura, com um furo de 6,2 mm no centro e de espessura variando de 6 a 7 mm, mostrada na Figura 6.8.

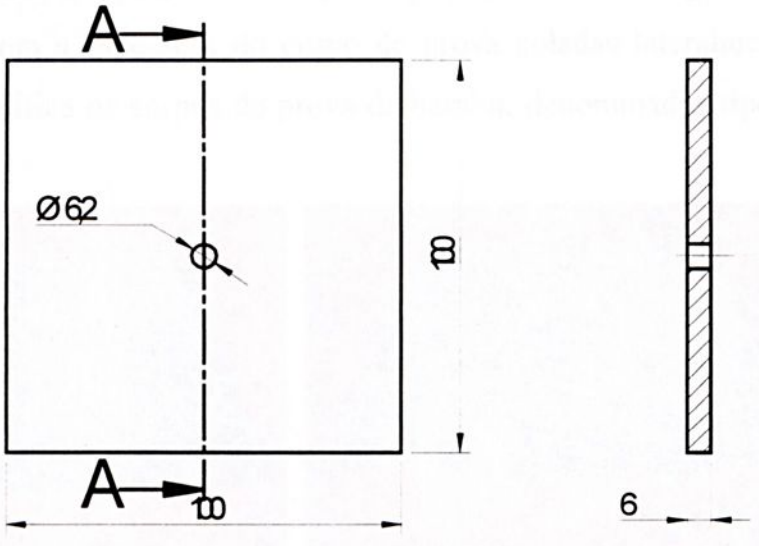


FIGURA 6.8 – Dimensão dos corpos de prova do ensaio de desgaste abrasivo

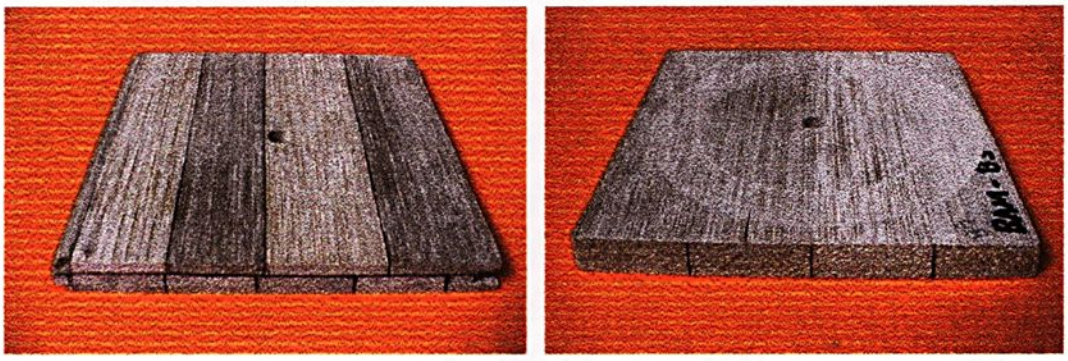
As amostras de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) foram fabricadas da seguinte forma:

a) Corte transversal do bambu para padronizar o comprimento. Em seguida, corte longitudinal desdobrando em ripas;
b) Aplainamento das ripas para remoção da camada interna e dos nós internos, se necessário;
c) Corte lateral das ripas para alinhamento das faces laterais e corte transversal das ripas para padronização do comprimento;
d) Colagem das ripas lateralmente para formação das placas (uma camada) e aplainamento dessas placas na face que contém casca, para padronização da espessura das camadas que irão compor as amostras;

unesp

e) Corte longitudinal e transversal das placas para padronização das dimensões finais de largura e comprimento, respectivamente;
f) Colagem e prensagem das camadas da placa para compor as chapas com dimensão de espessura predefinidas;
g) Fresamento das duas faces das amostras seguido de lixamento.

A montagem das amostras de bambu foi feita de duas formas, segundo o posicionamento para colagem das ripas: o tipo A, ripas coladas em duas camadas para formar a espessura do corpo de prova, além da colagem lateral; o tipo B, ripas com a espessura do corpo de prova coladas lateralmente. A Figura 6.9 exemplifica os corpos de prova de bambu, denominados tipos A e B.



bambu A bambu B

FIGURA 6.9 – Corpos de prova de bambu: tipo A e B

As amostras para as espécies de madeira foram confeccionadas da seguinte forma:

a) Corte transversal da madeira para padronização do comprimento e corte longitudinal das peças para produzir as ripas;
b) Aplainamento das ripas para obter uma forma mais retilínea;
c) Colagem das ripas lateralmente para formação das placas (uma camada) e aplainamento dessas placas; (similar ao bambu B).
d) Cortes longitudinal e transversal dessas placas para padronização das dimensões finais de largura e comprimento.

Os corpos de prova foram identificados com as iniciais do nome de cada espécie, seguido pelo número da amostra. A Tabela 6.1 mostra as identificações adotadas.

TABELA 6.1 – Identificação dos corpos de prova para o ensaio de abrasão

	Espécies				
	Bambu - A	**Bambu - B**	**Ipê**	**Maçaranduba**	**Peroba-rosa**
Identificação na amostra	BAM.A01	BAM.B.01	IPÊ.01	MAC.01	PER.01
	BAM.A03	BAM.B.02	IPÊ.02	MAC.02	PER.02
	BAM.A04	BAM.B.03	IPÊ.03	MAC.03	PER.03
	BAM.A05	BAM.B.04	IPÊ.04	MAC.04	PER.04
	BAM.A06	BAM.B.05	IPÊ.05	MAC.05	PER.05
	BAM.A07	BAM.B.06	IPÊ.06	MAC.06	PER.06
	BAM.A08	-	IPÊ.07	MAC.07	PER.07
	BAM.A09	-	IPÊ.08	MAC.08	PER.08
	-	-	IPÊ.09	MAC.09	PER.09
	-	-	IPÊ.10	MAC.10	PER.10
	-	-	IPÊ.11	MAC.11	PER.11
	-	-	IPÊ.12	MAC.12	PER.12

6.3.1.2 Procedimento de ensaio

a) As amostras foram condicionadas no laboratório da empresa Novo Piso, Cruzeiro-SP, com a antecedência de 24 horas da realização do ensaio.
b) Montou-se o equipamento com a carga máxima de 1000 g e com a roda abrasiva H-18 (indicada pelo fabricante do aparelho). Adotou-se esse abrasivo para provocar maior desgaste a ser mensurado e similar ao desgaste que um piso pode ser submetido.
c) Pesou-se em uma balança de precisão a amostra de teste antes do início do ensaio, para verificar a massa inicial.

unesp

d) Mediu-se, com um paquímetro, a espessura do corpo de prova ao longo do caminho a ser desgastado, em quatro posições, sendo duas na direção das fibras (1 e 3) e duas no sentido perpendicular às fibras (2 e 4), mostrada na Figura 6.10.

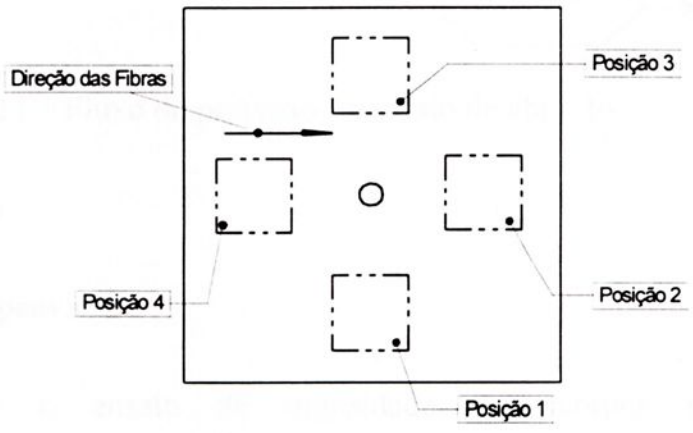


FIGURA 6.10 – Posições no corpo de prova em relação ao desgaste abrasivo

e) Executou-se o ensaio de abrasão após montagem do equipamento, adotando o número de 100 ciclos para cada fase até chegar a 1000 ciclos.

f) Para cada 100 ciclos tirou-se a amostra, removendo com um pincel as partículas soltas que permaneceram na amostra. Em seguida, pesou-se novamente a amostra. Repetiu-se esse procedimento dez vezes, até completar 1000 ciclos.

g) Após o término da pesagem do último ciclo fez-se a medição, com um micrômetro, da espessura final da amostra na trilha desgastada nas posições previamente medidas.

Os valores obtidos nesse ensaio foram sistematizados em tabelas encontradas no Anexo 2.

A Figura 6.11 apresenta o fluxo do procedimento de ensaio de abrasão realizado.

unesp

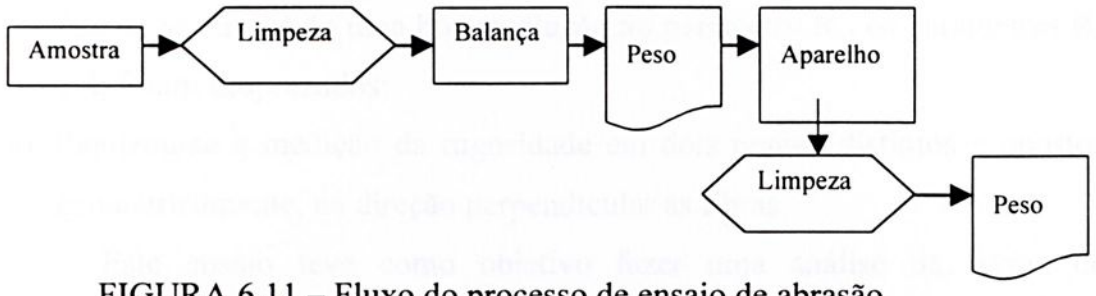


FIGURA 6.11 – Fluxo do processo de ensaio de abrasão

6.3.2 Rugosidade

6.3.2.1 Corpo de prova

Aplicou-se o ensaio de rugosidade nos corpos de prova confeccionados para o ensaio de desgaste, de acordo com a norma ASTM D4060/95, utilizando quatro amostras de cada espécie de madeira e oito amostras de bambu gigante. Na Tabela 6.2 pode-se identificar os corpos de prova utilizados.

TABELA 6.2 – Corpos de prova usados para medir a rugosidade superficial.

ESPÉCIE	AMOSTRAS			
BAMBU – A	Bam.A1	Bam.A3	Bam.A4	Bam.A5
BAMBU – B	Bam.B1	Bam.B2	Bam.B3	Bam.B4
MAÇARANDUBA	MAC 1	MAC 2	MAC3	MAC 4
IPÊ	IPÊ 1	IPÊ 2	IPÊ 3	IPÊ 4
PEROBA-ROSA	PER 1	PER 2	PER 3	PER 4

6.3.2.2 Procedimento de ensaio

As etapas da realização deste ensaio podem ser assim resumidas:

a) As amostras foram condicionadas no ambiente do laboratório 24 horas antes do início do ensaio;

b) Preparou-se o rugosímetro selecionando os parâmetros R_a (Rugosidade média), R_q (desvio médio quadrático) e R_t (Rugosidade total). Devido ao fato de se ter obtido uma boa resolução no parâmetro R_a, os parâmetros R_q e R_t foram desprezados;
c) Realizou-se a medição da rugosidade em dois pontos distintos e opostos geometricamente, na direção perpendicular às fibras.

Este ensaio teve como objetivo fazer uma análise da forma de ocorrência do desgaste na superfície das amostras, verificando-se antes e depois do ensaio de abrasão a sua rugosidade, sendo realizado paralelamente ao ensaio de abrasão.

Os resultados foram tabulados e encontram-se no Anexo 3.

6.3.3 Dureza Janka

6.3.3.1 Corpo de prova

Os ensaios de dureza foram realizados nos mesmos corpos de prova utilizados no ensaio da rugosidade, pois suas superfícies estavam em perfeitas condições de uso. Foram utilizadas quatro amostras para cada madeira e oito para o bambu.

6.3.3.2 Procedimento de ensaio

a) Instalou-se o adaptador na máquina universal, preparando-a para medir a dureza Janka;
b) Colocou-se uma superfície plana na base servindo de apoio para posicionar a amostra;
c) Posicionou-se a amostra e iniciou-se o ensaio com uma velocidade de 2 mm/minuto a um carregamento monotônico crescente aplicado até que se obtivesse a carga máxima.

Os dados gerados encontram-se nas tabelas do Anexo 4.

unesp

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Resultados

7.1.1 Ensaio de desgaste abrasivo

a) Perda de peso

Os resultados obtidos no ensaio de desgaste pela perda de peso estão apresentados na forma de tabelas e gráficos.

No Anexo 2 encontram-se os valores das amostras de bambu, Tabela 7.4, e das espécies de madeira, Tabelas: 7.5 - maçaranduba, 7.6 - ipê e 7.7 - peroba-rosa. A Tabela 7.3 apresenta as médias e os desvios padrão.

As referidas tabelas proporcionaram a confecção de dois tipos de gráficos, o de perda de peso com a respectiva curva de tendência, gerado a partir dos resultados sintetizados e o de desvio padrão da perda de peso em função do número de ciclos (Gráficos de 7.1 a 7.4).

Para visualizar e comparar melhor o desgaste abrasivo em relação às espécies, o gráfico 7.5 mostra as linhas de tendências das quatro espécies.

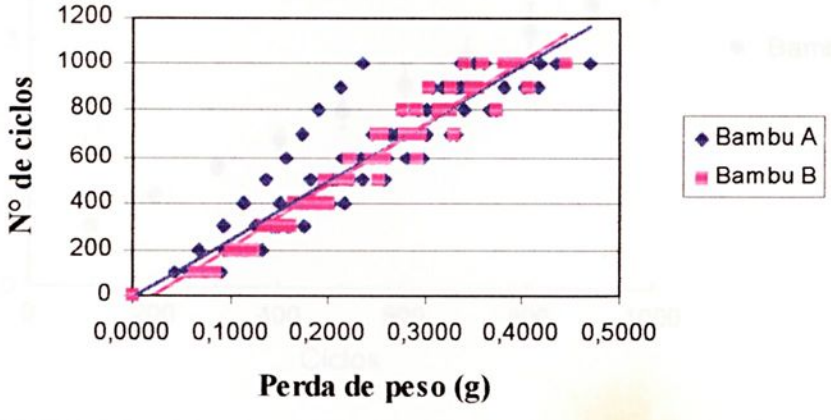


GRÁFICO 7.1 (a) – Resultados da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de bambu com as respectivas curvas de tendência

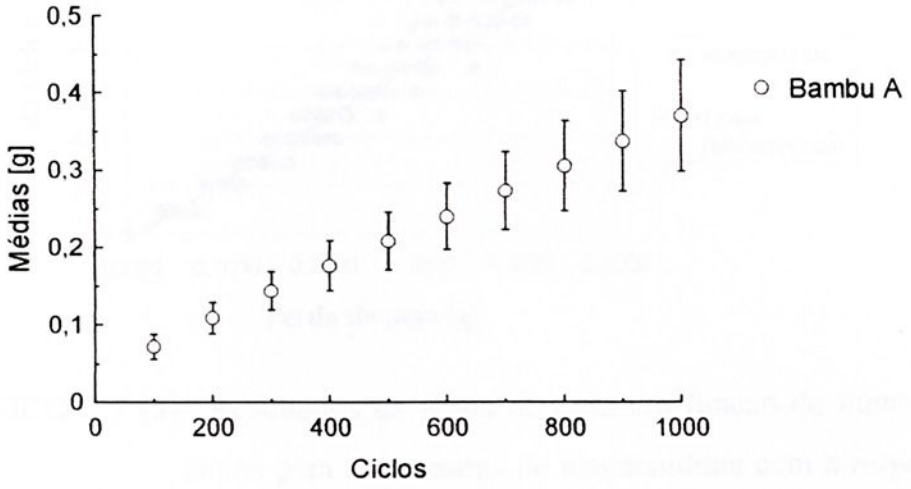


GRÁFICO 7.1 (b) – Desvio padrão da perda de peso em função do número de ciclos do bambu A

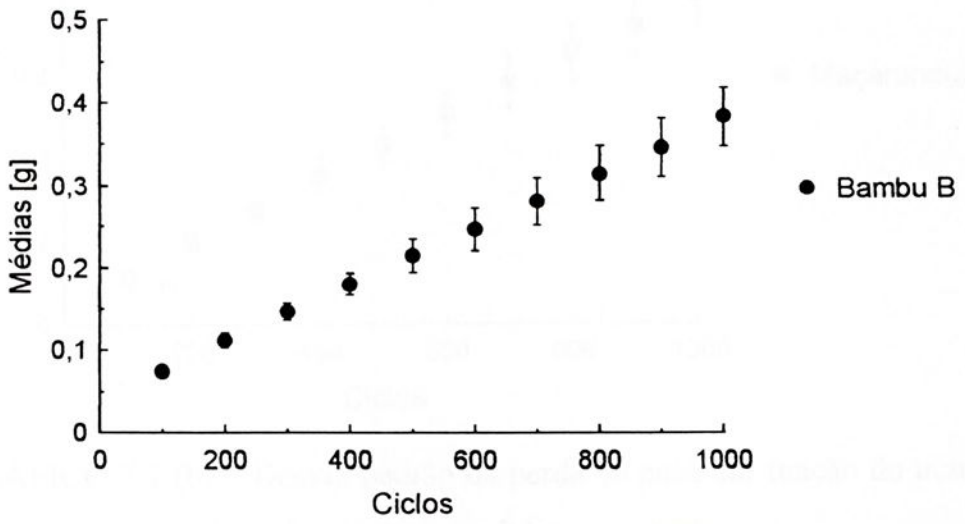


GRÁFICO 7.1 (c) – Desvio padrão da perda de peso em função do número de ciclos do bambu B

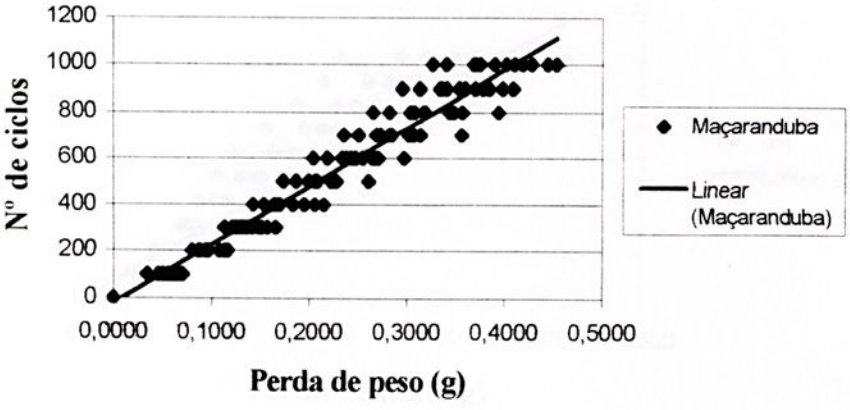


GRÁFICO 7.2 (a)– Resultados da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de maçaranduba com a respectiva curva de tendência

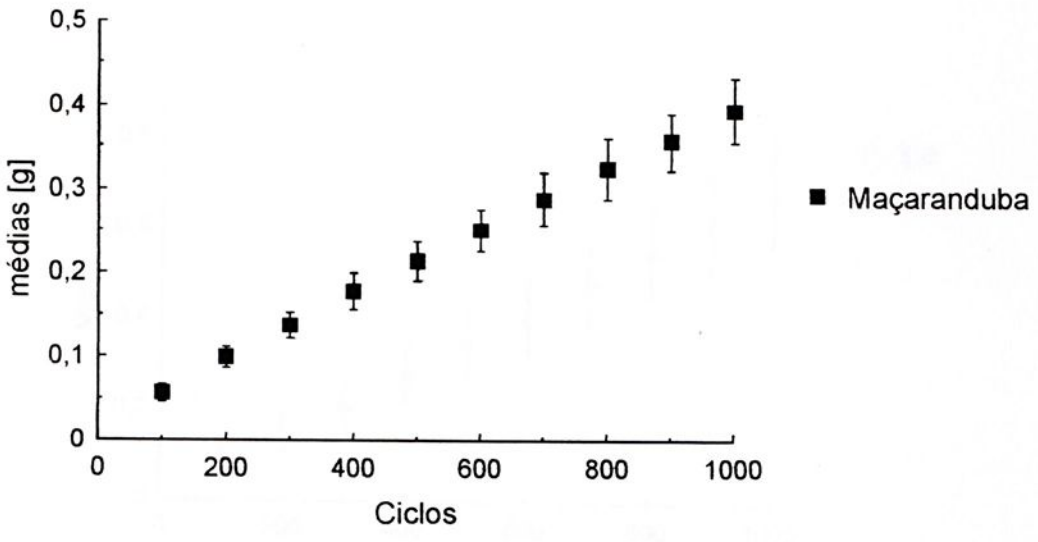


GRÁFICO 7.2 (b) – Desvio padrão da perda de peso em função do número de ciclos da maçaranduba

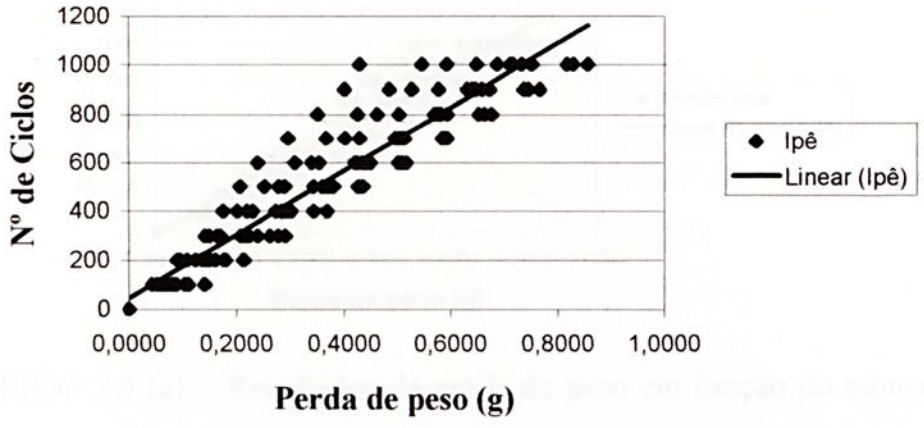


GRÁFICO 7.3 (a) – Resultados da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de ipê com a respectiva curva de tendência

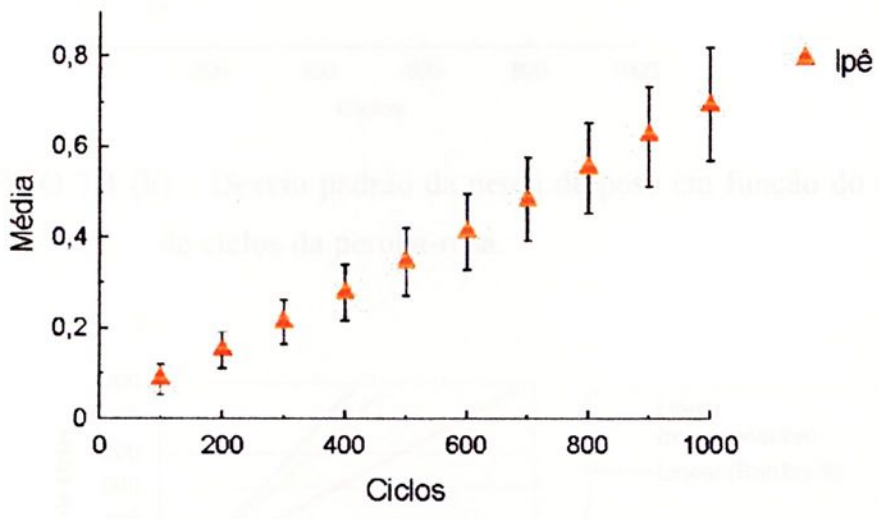


GRÁFICO 7.3 (b) – Desvio padrão da perda de peso em função do número de ciclos do ipê

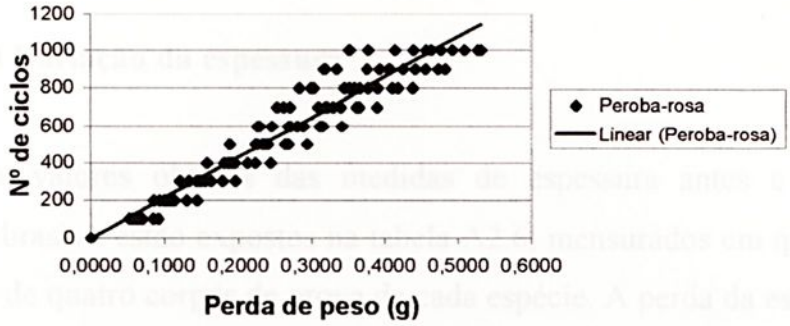


GRÁFICO 7.4 (a) – Resultados da perda de peso em função do número de ciclos para as amostras de peroba-rosa com a respectiva curva de tendência

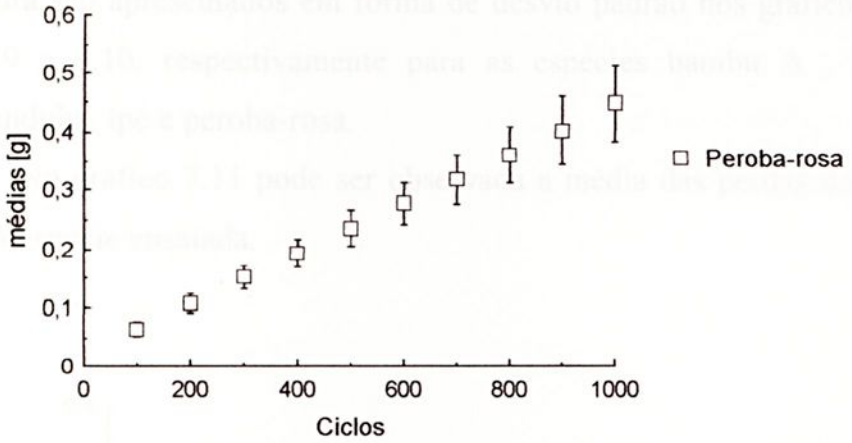


GRÁFICO 7.4 (b) – Desvio padrão da perda de peso em função do número de ciclos da peroba-rosa

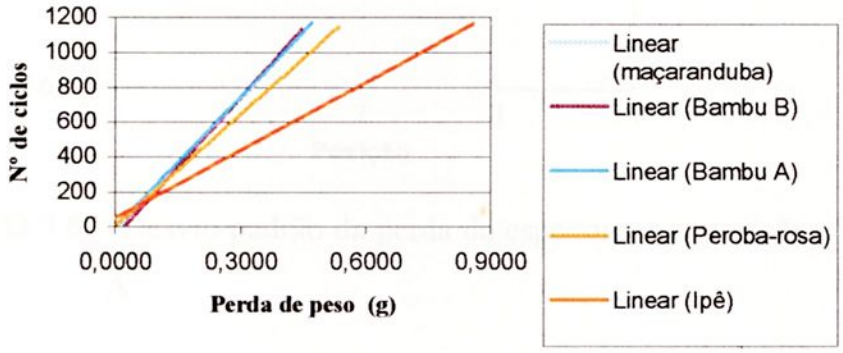


GRÁFICO 7.5 – Curvas de tendência das espécies ensaiadas

b) Variação da espessura

Os valores obtidos das medidas de espessura antes e depois do desgaste abrasivo estão expostos na tabela A2.6, mensurados em quatro locais diferentes de quatro corpos de prova de cada espécie. A perda da espessura por espécie para cada ponto pode ser observada na Tabela A2.7. A Tabela A2.8 expõe a síntese das médias obtidas para as espécies em cada ponto especificado. As tabelas mencionadas encontram-se no Anexo 2.

Os resultados do ensaio de desgaste abrasivo medido pela perda de espessura são apresentados em forma de desvio padrão nos gráficos 7.6, 7.7, 7.8, 7.9 e 7.10, respectivamente para as espécies bambu A , bambu B, maçaranduba, ipê e peroba-rosa.

No gráfico 7.11 pode ser observada a média das perdas da espessura de cada espécie ensaiada.

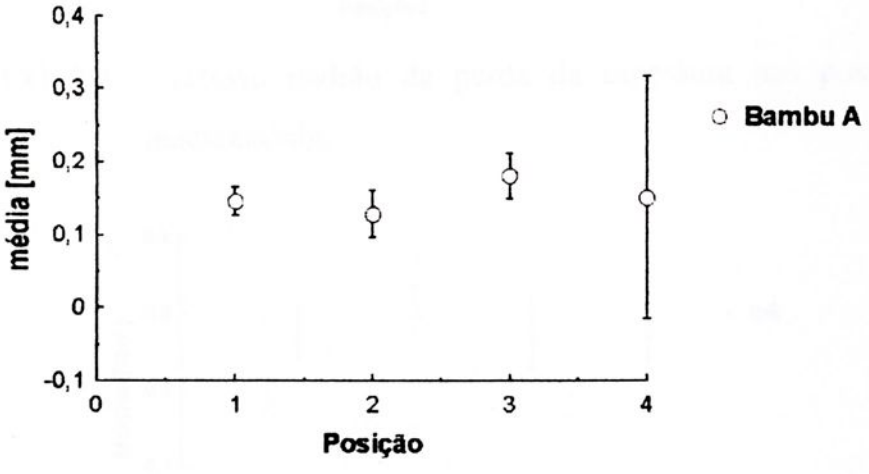


GRÁFICO 7.6 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições do bambu A

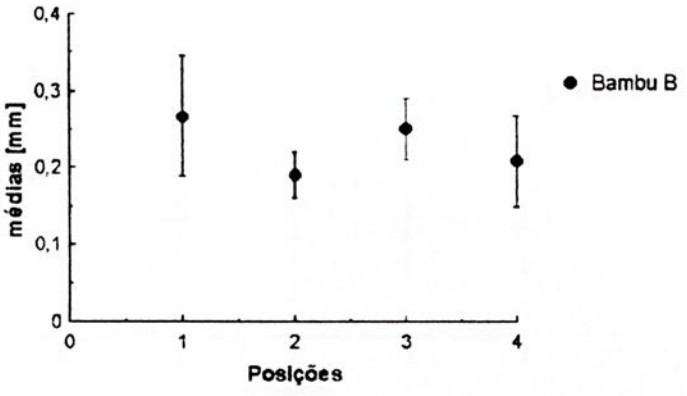


GRÁFICO 7.7 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições do bambu B

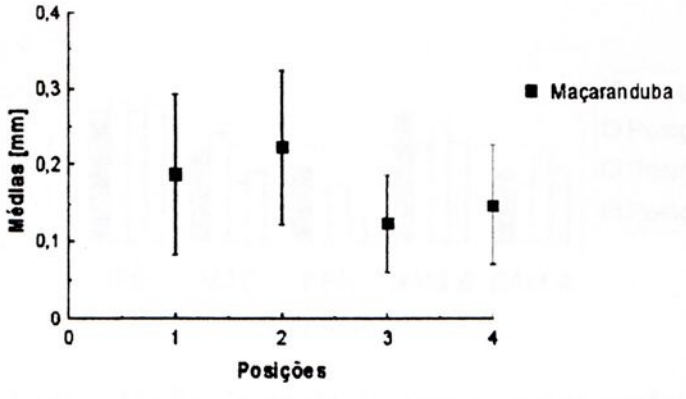


GRÁFICO 7.8 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições da maçaranduba

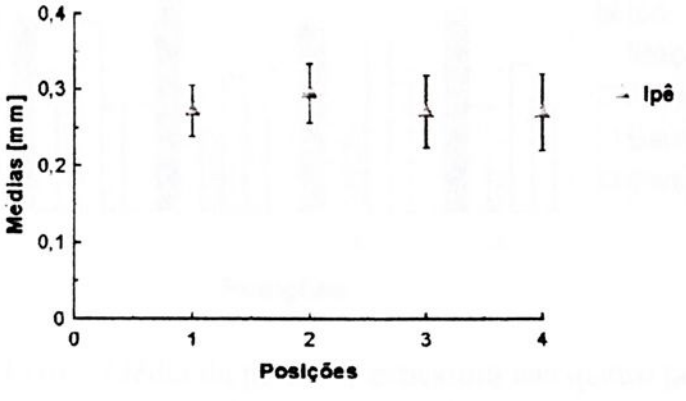


GRÁFICO 7.9 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições do Ipê

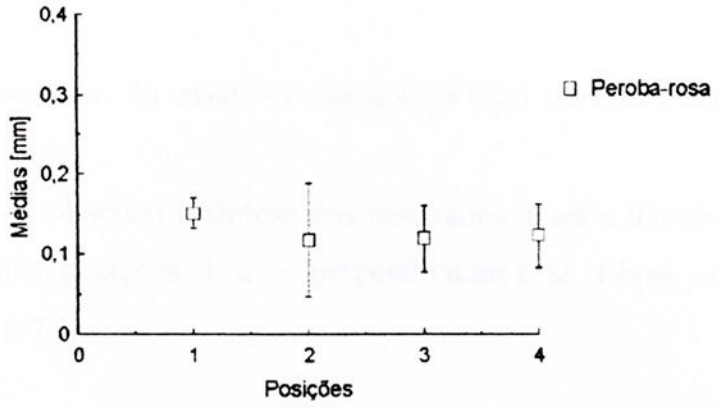


GRÁFICO 7.10 – Desvio padrão da perda da espessura nas posições da peroba-rosa

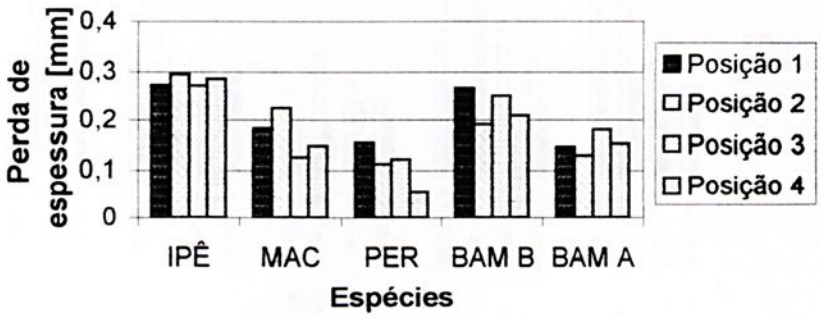


GRÁFICO 7.11 (a) – Média da perda de espessura por espécie ensaiada nas quatro posições

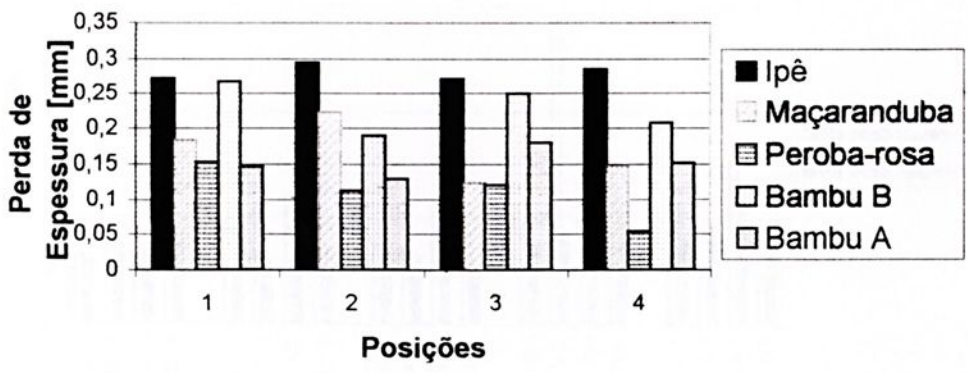


GRÁFICO 7.11 (b) – Média da perda de espessura nas quatro posições para as espécies ensaiadas

7.1.2 Ensaio de rugosidade

Os resultados do ensaio de rugosidade (Ra) são apresentados na tabela A3.1, no Anexo 3.

Pode-se observar a síntese dos resultados antes e depois do ensaio de rugosidade, nas posições 1 e 3 perpendiculares às fibras, expressos nos gráficos 7.12 e 7.13.

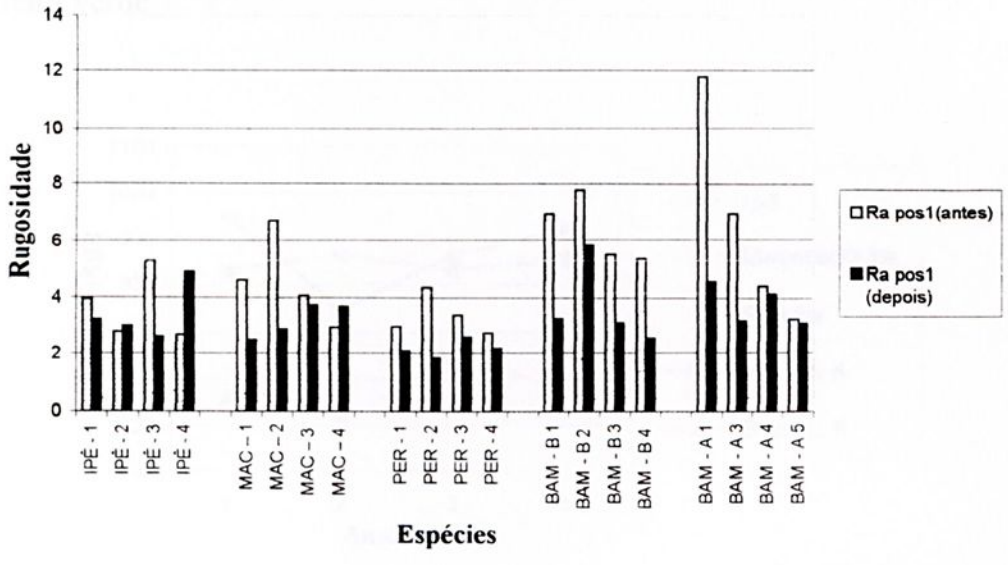


GRÁFICO 7.12 – Rugosidade tipo Ra na posição 1, antes e depois do desgaste

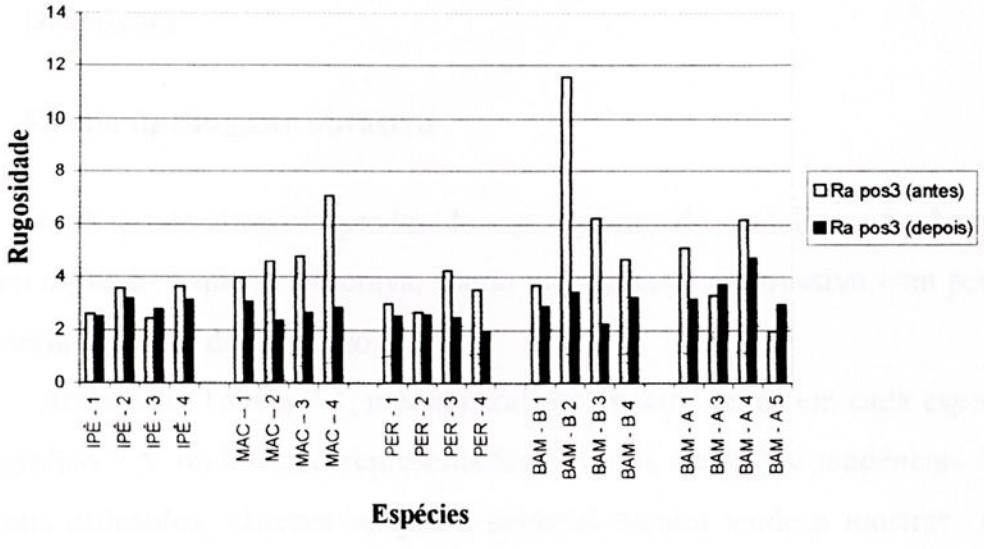


GRÁFICO 7.13 – Rugosidade tipo Ra na posição 3, antes e depois do desgaste

7.1.3 Ensaio de dureza Janka

O ensaio de dureza Janka apresenta os valores obtidos das amostras de bambu e madeira na tabela A4.1, que se encontra no Anexo 4.

Pode-se observar a comparação entre as espécies no gráfico 7.14. Porém estes dados não podem ser comparados com os do IPT, devido as amostras no trabalho serem laminadas e o ensaio do IPT ser realizados com madeira verde.

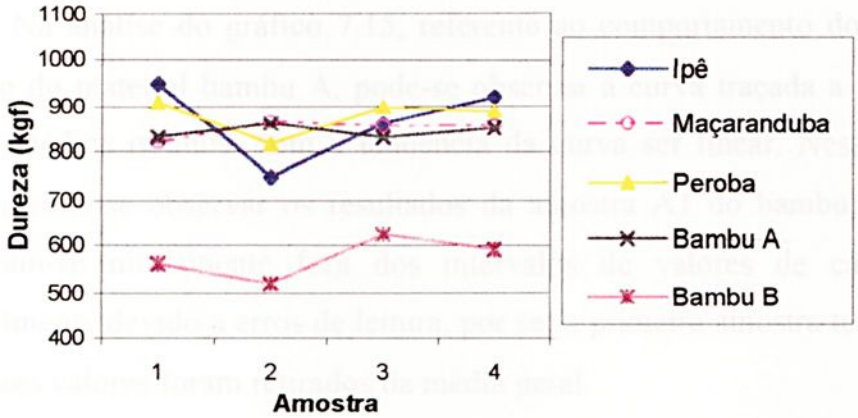


GRÁFICO 7.14 – Comparação entre as amostras do ensaio de dureza Janka

7.2 Discussões

7.2.1 Ensaio de desgaste abrasivo

O desgaste abrasivo produzido nas espécies de madeiras e no bambu ocorreu segundo o que se esperava, sendo um desgaste progressivo com perda de material no final do processo.

Através da Tabela 7.1, média geral dos ensaios feitos em cada espécie e do gráfico 7.5, onde estão representadas todas as curvas de tendências dos materiais utilizados, observa-se que o material bambu tende a mostrar um melhor desempenho em relação às madeiras. A maçaranduba mostrou a melhor resistência em relação às demais espécies de madeiras, sendo o

resultado semelhante ao do bambu, enquanto a madeira peroba-rosa teve um desempenho médio e o ipê teve maior perda de peso em relação aos outros materiais do ensaio.

TABELA 7.1 – Dados obtidos durante a análise do resultado de desgaste

Materiais	**Intervalo da perda de peso (g)**	**Média geral (g)**
Bambu A	0,3354 a 0,4685	0,3893
Bambu B	0,3389 a 0,4437	0,3838
Maçaranduba	0,3262 a 0,4531	0,3939
Ipê	0,4285 a 0,8558	0,6926
Peroba rosa	0,3501 a 0,5309	0,4487

Na análise do gráfico 7.15, referente ao comportamento do desgaste abrasivo do material bambu A, pode-se observar a curva traçada a partir dos valores médios obtidos, com a tendência da curva ser linear. Nesse gráfico também pode-se observar os resultados da amostra A1 do bambu, os quais encontram-se nitidamente fora dos intervalos de valores de cada ciclo, possivelmente devido a erros de leitura, por ser a primeira amostra testada; por isso, esses valores foram retirados da média geral.

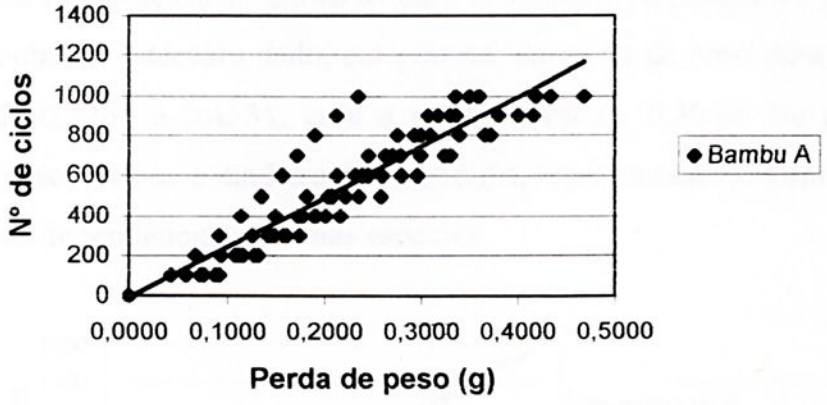


GRÁFICO 7.15 – Ensaio de abrasão do Bambu A com a curva de tendência

O intervalo da perda de peso do bambu A foi de 0,3354 g a 0,4685 g, sendo a média geral de 0,3893 g. Já o intervalo para as amostras do bambu B foi de 0,3389 g a 0,4437 g, com uma média geral de 0,3838 g. A curva linear

com esses intervalos obtidos está apresentada no Gráfico 7.16. Os valores dos intervalos dos dois tipos do bambu são praticamente iguais para o desgaste abrasivo.

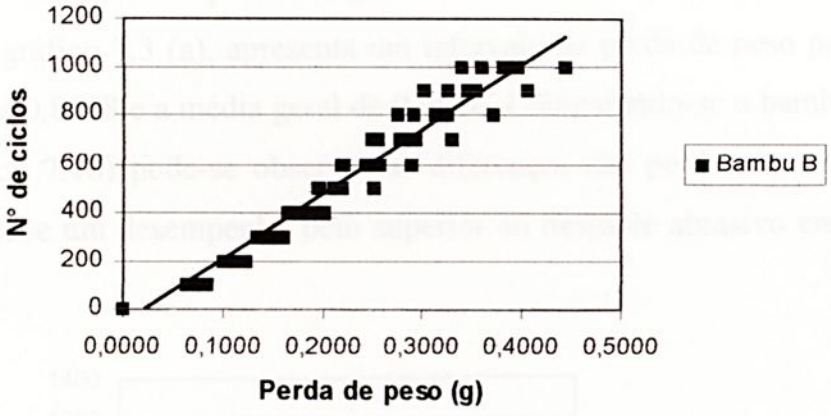


GRÁFICO 7.16 – Ensaio de abrasão do bambu B com a curva de tendência

Nas curvas de tendências para os bambus tipos A e B, apresentadas no Gráfico 7.1 (a), têm-se as duas linhas muito próximas uma da outra. Analisando esses dados supõe-se que o tipo de montagem das amostras não teve nenhuma influência no resultado final em relação ao desgaste abrasivo.

A curva do desgaste abrasivo para a madeira maçaranduba (Gráfico 7.2a) apresenta um intervalo dado, em gramas, da perda de peso para as doze amostras, de 0,3262 a 0,4531, com a média geral de 0,3939. Na primeira comparação escolheu-se a madeira maçaranduba, representada no Gráfico 7.17 com as linhas de tendências das duas espécies.

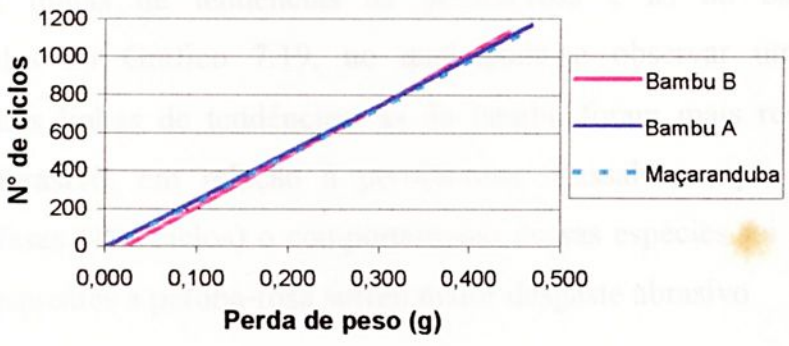


GRÁFICO 7.17 – Curvas de tendência das espécies de bambu e maçaranduba

Neste gráfico as linhas de tendência das espécies estão praticamente juntas demostrando que o desgaste abrasivo de ambas as espécies do bambu apresentou uma perda de peso e desgaste semelhantes ao da maçaranduba.

O gráfico 7.3 (a), apresenta um intervalo da perda de peso para o ipê de 0,4285 a 0,8558 e a média geral de 0,6926. Comparando-se o bambu com o ipê (Gráfico 7.18) pode-se observar as diferenças das perdas das massas: o bambu obteve um desempenho bem superior ao desgaste abrasivo em relação ao ipê.

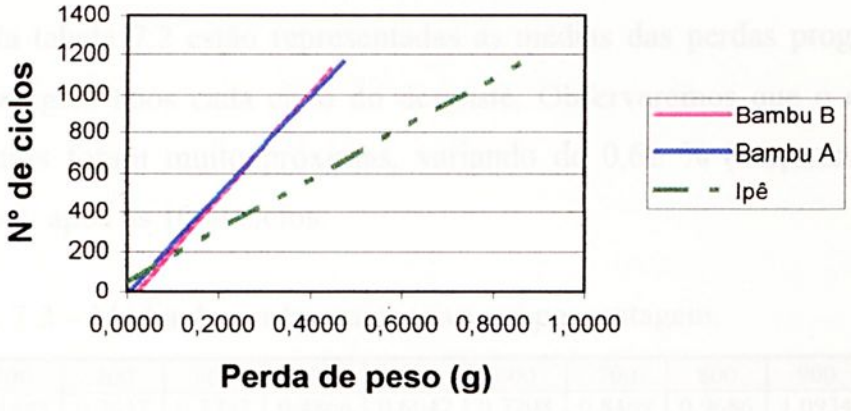


GRÁFICO 7.18 - Curvas de tendência das espécies de bambu e ipê

Ao analisar o gráfico 7.4 (a), o comportamento da curva do desgaste da madeira peroba-rosa obteve um intervalo da perda de peso de 0,3501 a 0,5309, com uma média geral de 0,4487.

As linhas de tendências da peroba-rosa e as do bambu estão representadas no Gráfico 7.19, no qual pode-se observar uma pequena diferença das linhas de tendências: as do bambu foram mais resistentes ao desgaste abrasivo, em relação à peroba-rosa. Ressalta-se que nas quatro primeiras fases (400 ciclos) o comportamento dessas espécies foi similar, nas fases subsequentes a peroba-rosa sofreu maior desgaste abrasivo.

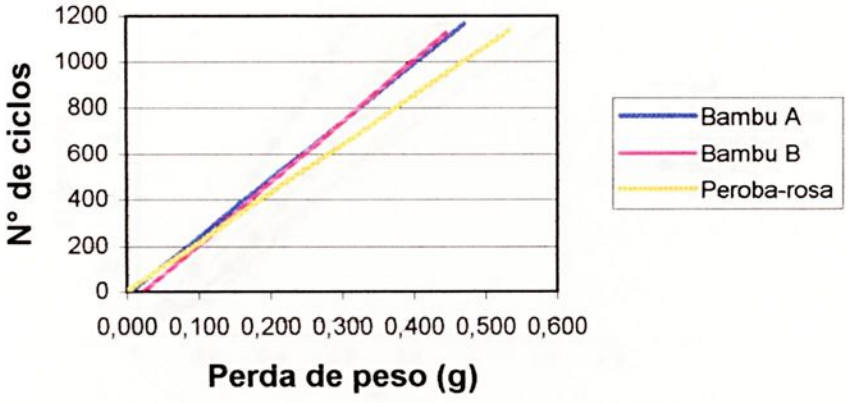


GRÁFICO 7.19 – Curvas de tendência do bambu e peroba-rosa

Na tabela 7.2 estão representadas as médias das perdas progressivas em porcentagem após cada ciclo do desgaste. Observaremos que o desgaste nas amostras foram muito próximas, variando de 0,62 % (maçaranduba) a 1,21% (ipê), após os 1000 ciclos.

TABELA 7.2 – Média da perda progressiva em porcentagem

	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
IPÊ	0,1485	0,2617	0,3732	0,4866	0,6047	0,7208	0,8469	0,9686	1,0934	1,2146
MAC	0,0898	0,1561	0,2165	0,2815	0,3370	0,3950	0,4542	0,5111	0,5617	0,6214
PER	0,1201	0,1987	0,2809	0,3586	0,4364	0,5141	0,5893	0,6685	0,7443	0,8310
Bam A	0,1719	0,2589	0,3424	0,4201	0,4959	0,5716	0,6496	0,7272	0,8035	0,8805
Bam B	0,2081	0,3124	0,4103	0,5056	0,6013	0,6902	0,7864	0,8829	0,9694	1,0744

Nos primeiros 300 ciclos, as amostras de bambu mostrou tendência a um desgaste maior em relação às outras espécies. Após os 1000 ciclos, o bambu permaneceu com um desgaste intermediário, entre as amostras das madeiras. Essa situação pode ser melhor observado no gráfico 7.20, na qual apresentam em porcentagem as médias das perdas progressivas das espécies ensaiadas.

A maçaranduba teve a menor perda em porcentagem em relação as outras espécies, com um valor de 0,09% nos primeiros 100 ciclos e 0,62% após os 1000 ciclos. Em seguida, a peroba-rosa apresenta uma perda de 0,12% e 0,83%, respectivamente.

unesp

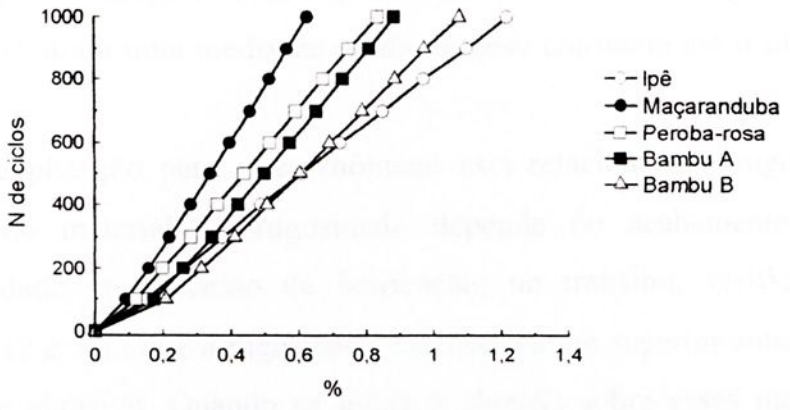


Gráfico 7.20 – Resultados em porcentagem das médias das perdas progressivas das espécies ensaiadas

As amostras do ipê iniciou com uma perda de desgaste de 0,12% muito próxima as outras madeiras. Ao término dos 1000 ciclos, o ipê finalizou com uma média de 1,21%. Comparando com as amostras do bambu , o ipê apresentou melhor resistência ao desgaste nos primeiros ciclos. Entretanto, após os 300 ciclos iniciais, o desgaste do ipê foi maior que do bambu.

Na Tabela 7.3 estão representados os resultados de perda de peso de duas amostras de cada espécie.

TABELA 7.3 – Perda de peso nas amostras selecionadas em cada intervalo de ciclos, em gramas

Nº	0 - 100	100 - 200	200 – 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 – 800	800 – 900	900 - 1000
BAM A1	0,0428	0,0245	0,0245	0,0219	0,0214	0,0212	0,0157	0,0181	0,0221	0,0221
BAM A3	0,0726	0,0353	0,0342	0,0309	0,0309	0,0279	0,0307	0,0306	0,0245	0,0321
BAM B1	0,0790	0,0435	0,0378	0,0397	0,0504	0,0397	0,0387	0,0429	0,0335	0,0385
BAM B2	0,0769	0,0342	0,0381	0,0347	0,0357	0,0286	0,0353	0,0348	0,0264	0,0363
PER 1	0,0624	0,0443	0,0417	0,0325	0,0429	0,0218	0,0245	0,0288	0,0190	0,0322
PER 2	0,0584	0,0430	0,0426	0,0422	0,0399	0,0419	0,0410	0,0422	0,0415	0,0463
MAC 1	0,0555	0,0327	0,0423	0,0383	0,0384	0,0360	0,0387	0,0367	0,0356	0,0355
MAC 2	0,0574	0,0380	0,0330	0,0350	0,0355	0,0342	0,0355	0,0348	0,0324	0,0328
IPE 1	0,1040	0,0764	0,0821	0,0821	0,0831	0,0737	0,0867	0,0878	0,0909	0,0890
IPE 3	0,1105	0,0660	0,0635	0,0621	0,0784	0,0611	0,0709	0,0672	0,0598	0,0708

Uma análise individual sobre os valores obtidos em cada intervalo ao longo de cada ciclo concluído, percebe-se que, no intervalo inicial de 0 a 100

ciclos, houve um desgaste bem superior. Já nos intervalos seguintes, 100 a 1000, apresentaram uma média de perda de peso constante até o ultimo ciclo do desgaste.

A explicação para este fenômeno está relacionada à rugosidade da superfície do material. A rugosidade depende do acabamento final da superfície dado no processo de fabricação; no trabalho, verificou-se nos Gráficos 7.12 e 7.13 que a rugosidade é quase sempre superior antes do início do desgaste abrasivo. Quando se inicia a abrasão sobre esses materiais, os picos e vales existentes nesta superfície, que formam a rugosidade superficial, tendem a diminuir ou se estabilizar. Esta estabilização pode ser confirmada quando se nota a constância da média da perda de resíduos do material ensaiado. Essa ocorrência vem confirmar a norma de abrasão ASTM D4060-95, que faz uma observação da irregularidade nos primeiros ciclos de abrasão.

Os gráficos 7.6, 7.7, 7.8, 7.9 e 7.10 apresentam os resultados dos desgastes abrasivos medidos pelas espessuras dos corpos de prova. As posições 1 e 3 são paralelas às fibras em relação ao desgaste e as 2 e 4 perpendiculares. As espessuras foram medidas antes de se iniciar o desgaste e após completar os 1.000 ciclos. Essas medidas foram feitas para observar como o desgaste se comportava nesses pontos.

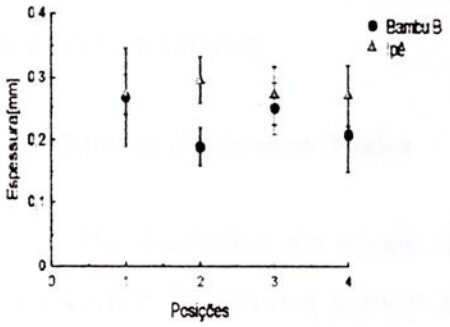
De modo geral, a perda da espessura das amostras, dadas em mm, variou de 0,11 a 0,15 para a peroba-rosa, 0,12 a 0,22 para a maçaranduba, 0,13 a 0,18 para o bambu A, 0,14 a 0,26 para o bambu B e 0,27 a 0,29 para o ipê, madeira que teve maior perda de espessura.

Na análise do gráfico 7.11, onde se encontram todas as espécies usadas nos testes, pode-se observar para cada espécie as médias gerais da perda das espessuras nas quatro posições escolhidas. As medidas tendem a ter um desgaste semelhante nas quatro posições, mas nos casos do bambu e da peroba-rosa, apresentam uma perda de desgaste superior na direção paralelo às fibras. Para as madeiras ipê e maçaranduba a perda maior foi na direção perpendicular às fibras.

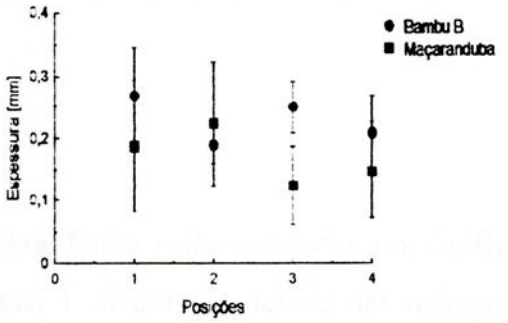
unesp

No Gráfico 7.21 pode-se observar o desvio padrão da perda de espessura do bambu B em relação às outras espécies.

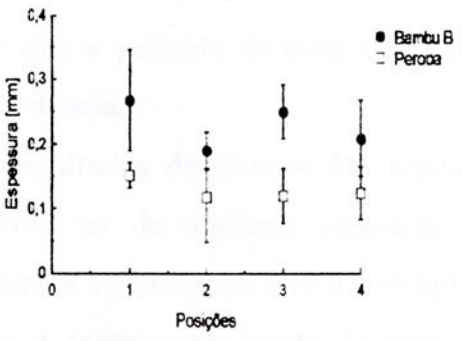
Comparando as amostras de madeira com o bambu B, verificou-se que os comportamentos do ipê e da maçaranduba foram opostos em relação às posições paralela e perpendicular às fibras: o ipê apresentou maior perda da espessura nas posições perpendiculares, e a maçaranduba nas paralelas. Quanto a peroba-rosa, o comportamento foi constante nas quatro posições, sendo próximo aos resultados da diferença dos desvios padrão. Embora a medição das espessuras tivesse sido efetuada em todas as amostras ensaiadas, o resultado não é conclusivo quando correlacionado ao ensaio da perda de massa. Deve-se salientar também que a configuração da estrutura anatômica dessas espécies influencia a forma do desgaste abrasivo.



(a) bambu B e ipê



(b) bambu B e maçaranduba



(c) bambu B e peroba-rosa

GRÁFICO 7.21 – Comparação do desvio padrão da perda da espessura das espécies

7.2.2 Ensaio de Rugosidade

O ensaio da rugosidade foi medido em duas posições, 1 e 3 das amostras, ambas na direção perpendicular às fibras. Nas posições paralelas às fibras (2 e 4), não foi realizado o ensaio porque existia uma maior probabilidade de não se medir a rugosidade real das madeiras e sim medir um vaso, raio ou um vale entre os vasos, deste modo mascarando o resultado final. O resultado pode ser observado nos gráficos 7.12 e 7.13, nos quais pode-se analisar a situação da diferença da rugosidade antes e depois do ensaio, e concluir que o ensaio de abrasão provocou uma redução dos picos e vales que formam a rugosidade da superfície. Essa mudança foi maior nos primeiros 100 ciclos, como foi detectado na análise do ensaio de abrasão. Não ocorreram mudanças da rugosidade depois dos primeiros ciclos devido à abrasão feita pelas rodas abrasivas, e o efeito dessas sobre a superfície correspondeu a um processo de lixamento.

7.2.3 Ensaio de dureza Janka

Os resultados do ensaio de dureza Janka estão expostos no Gráfico 7.14 e com a Tabela dos valores no anexo 4. A dureza medida nas amostras dos bambus apresentou uma média distinta entre os do tipos A e B. A amostra do bambu tipo A resistiu mais devido à sua montagem em duas camadas entrelaçadas; supõe-se que a película de cola e as duas camadas do bambu apresentaram maior resistência.

Em geral, os resultados da dureza das espécies analisadas ficaram muito próximos, embora os de algumas amostras variassem muito, por exemplo, o ipê, cuja dureza variou entre 749 e 950 kgf. Um dos motivos para essa variação pode ser o rompimento perto da cola entre as lâminas. Esse ensaio de medida da dureza para as amostras de piso foi realizado para observar se essas amostras de piso responderiam adequadamente às resistências exigidas.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

8.1 Conclusões

A análise dos resultados da resistência à abrasão do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) em comparação com as madeiras maçaranduba, peroba-rosa e ipê, conforme os parâmetros adotados e nas condições das normas, permitiu concluir que:

a) O desempenho do ensaio de desgaste abrasivo do bambu teve uma regularidade no procedimento, apresentando uma resistência à abrasão semelhante ou superior aos materiais ensaiados. Entre as espécies de madeiras, a maçaranduba mostrou melhor resistência ao desgaste abrasivo, muito próxima à do bambu, seguida pela peroba-rosa e o ipê, que demonstrou ser menos resistente à abrasão após os 1000 ciclos;

b) Para todas as espécies ensaiadas, os desgastes foram superiores nos primeiros ciclos, estabilizando-se as médias nos ciclos subsequentes. Este fato pode ocorrer em função da rugosidade da superfície das amostras: nos primeiros ciclos ocorre a maior perda de massa com a abrasão dos picos, após, a tendência é a de obter uma superfície mais plana, dados comprovados pelo ensaio de rugosidade;

c) A análise do desgaste abrasivo medido pelo método da perda da espessura não foi conclusiva, quando correlacionada ao ensaio da perda de massa, pois não se obteve um padrão comum de perda de espessura que pudesse estar associado à estrutura anatômica das espécies;

d) Na análise da resistência à abrasão, segundo a norma ASTM D4060-95, verificou-se que a espécie bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) pode ser empregada como elemento de piso em edificações, em relação ao parâmetro da resistência abrasiva;

e) O ensaio de dureza Janka demonstrou que a forma de montagem das amostras de bambu influenciou o desempenho destas. A montagem do tipo

unesp

A apresentou os melhores resultados devido ao entrelaçamento das camadas. Para as demais espécies, os valores foram similares.

8.2 Sugestões para trabalhos futuros

As conclusões deste trabalho de pesquisa permitem sugerir encaminhamentos futuros para melhor compreensão do desgaste abrasivo no substrato vegetal:

- Analisar outras espécies de madeira comparando-as com outros tipos de bambu, com potencial de aplicação para pisos.
- Analisar o material desgastado para verificar a possibilidade de criar um modelo de desgaste abrasivo para as espécies orgânicas.
- Analisar o desgaste abrasivo nos bambus e madeiras usando o método de medição da espessura nos intervalos de ciclos selecionados, buscando também estabelecer um método de ensaio, recomendando a quantidade de ciclos mais adequada.
- Analisar o efeito de outras rodas abrasivas sobre o substrato vegetal, utilizado como piso em edificações
- Consolidar um método de ensaio que possa subsidiar futuras normas.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

ANEXOS

ANEXO 1

Ficha técnica das propriedades físicas e mecânicas das espécies:

- Maçaranduba
- Ipê-roxo
- Peroba-rosa

MAÇARANDUBA

Nome científico	**Família**	**Série**
Manikara longifolia (A.DC.) Dub.	*Sapotaceae*	Estado do Espírito Santo

Propriedades Físicas			**Classificação**
Massa específica (densidade) a 15% de umidade(g/cm^3)		1,00	Muito pesada
Contrações (%) (do p.s.f. até 0% de umidade)	Radial	6,8	Alta
	Tangencial	11,0	Média
	Volumétrica	19,0	Média
	Coeficiente de retratibilidade volumétrica	0,69	Alta

Propriedades Mecânicas				**Classificação**
Compressão axial	Limite de resistência (kgf/cm^2)	madeira verde	610	Alta
		madeira a 15% de umidade	754	Alta
	Coeficiente de influência da umidade (%)		4,1	Média
	Coeficiente de qualidade σ / 100D a 15% de umidade		7,6	Média
	Limite de proporcionalidade - madeira verde (kgf/cm^2)		427	Alta
	Módulo de elasticidade - madeira verde (kgf/cm^2)		169.100	Alta
Flexão estática	Limite de resistência (kgf/cm^2)	madeira verde	1.193	Alta
		madeira a 15% de umidade	1.658	Alta
	Relação L/F – madeira verde		34	Média
	Limite de proporcionalidade – madeira verde (kgf/cm^2)		586	Alta
	Módulo de elasticidade – madeira verde (kgf/cm^2)		150.600	Alta

MAÇARANDUBA

Propriedades Mecânicas			Classificação
Choque (madeira seca ao ar)	Trabalho absorvido (kgf.m)	3,36	Média
	Coeficiente de resiliência R	0,52	Média
	Cota dinâmica R/D^2	0,58	Baixa
Cisalhamento –madeira verde (kgf/cm^2)		135	Alta
Dureza Janka –madeira verde (kgf)		980	Alta
Tração normal às fibras – madeira verde (kgf/cm^2)		84	Média
Fendilhamento – madeira verde (kgf/cm^2)		8,9	Média

IPÊ-ROXO ou IPÊ-UNA

Nome científico	Família	Série
Tabebuia impetinosa (Mart.) Standl.	*Bignoniaceae*	Estado de São Paulo e Paraná

Propriedades Físicas			Classificação
Massa específica (densidade) a 15% de umidade(g/cm^3)		0,96	Muito pesada
Contrações (%) (do p.s.f até 0% de umidade)	Radial	4,3	Média
	Tangencial	7,2	Baixa
	Volumétrica	11,4	Baixa
	Coeficiente de retratibilidade volumétrica	0,54	Média

Propriedades Mecânicas				Classificação
Compressão axial	Limite de resistência (kgf/cm^2)	madeira verde	690	Alta
		madeira a 15% de umidade	745	Alta
	Coeficiente de influência da umidade (%)		4,2	Média
	Coeficiente de qualidade σ / 100D a 15% de umidade		7,8	Média
	Limite de proporcionalidade - madeira verde (kgf/cm^2)		406	Alta
	Módulo de elasticidade - madeira verde (kgf/cm^2)		199.000	Alta
Flexão estática	Limite de resistência (kgf/cm^2)	madeira verde	1.540	Alta
		madeira a 15% de umidade	1.636	Alta
	Relação L/F – madeira verde		30	Média
	Limite de proporcionalidade – madeira verde (kgf/cm^2)		592	Alta
	Módulo de elasticidade – madeira verde (kgf/cm^2)		165.000	Alta



IPÊ-ROXO ou IPÊ-UNA

Propriedades Mecânicas			Classificação
Choque (madeira seca ao ar)	Trabalho absorvido (kgf.m)	6,45	Alta
	Coeficiente de resiliência R	1,01	Alta
	Cota dinâmica R/D^2	1,00	média
Cisalhamento –madeira verde (kgf/cm^2)		145	Alta
Dureza Janka –madeira verde (kgf)		885	Alta
Tração normal às fibras – madeira verde (kgf/cm^2)		100	Alta
Fendilhamento – madeira verde (kgf/cm^2)		10,2	Média

PEROBA-ROSA

Nome científico	Família	Série
Aspidosperma polyneuron Muell. Arg.	*Apocynaceae*	Estado de São Paulo

Propriedades Físicas			Classificação
Massa específica (densidade) a 15% de umidade(g/cm^3)		0,79	Pesada
Contrações (%) (do p.s.f até 0% de umidade)	Radial	4,0	Alta
	Tangencial	7,8	Média
	Volumétrica	13,1	Média
	Coeficiente de retratibilidade volumétrica	0,57	Médio

Propriedades Mecânicas				Classificação
Compressão axial	Limite de resistência (kgf/cm^2)	madeira verde	424	Médio
		madeira a 15% de umidade	555	Médio
	Coeficiente de influência da umidade (%)		3,8	Médio
	Coeficiente de qualidade σ / 100D a 15% de umidade		7,1	Médio
	Limite de proporcionalidade - madeira verde (kgf/cm^2)		284	Alta
	Módulo de elasticidade - madeira verde (kgf/cm^2)		119.700	Médio
Flexão estática	Limite de resistência (kgf/cm^2)	madeira verde	899	Médio
		madeira a 15% de umidade	1.058	Médio
	Relação L/F – madeira verde		29	Média
	Limite de proporcionalidade – madeira verde (kgf/cm^2)		363	Médio
	Módulo de elasticidade – madeira verde (kgf/cm^2)		94.300	Médio

PEROBA-ROSA

Propriedades Mecânicas			Classificação
Choque (madeira seca ao ar)	Trabalho absorvido (kgf.m)	2,38	Médio
	Coeficiente de resiliência R	0,39	Médio
	Cota dinâmica R/D^2	0,67	Média
Cisalhamento –madeira verde (kgf/cm^2)		121	Médio
Dureza Janka –madeira verde (kgf)		691	Média
Tração normal às fibras – madeira verde (kgf/cm^2)		83	Média
Fendilhamento – madeira verde (kgf/cm^2)		9,4	Médio

ANEXO 2

Resultados obtidos no ensaio de desgaste abrasivo pela perda de peso estão expostos nas tabelas:

Tabela A2.1(a) – Peso do bambu após cada 100 ciclos, (g)

Tabela A 2.1(b) - Perda de peso progressivo do bambu após cada ciclo, (g)

Tabela A2.1 (c) - Diferença da perda de peso do bambu entre ciclos, (g)

Tabela A2.1 (d) - Peso em porcentagem do bambu após cada 100 ciclos

Tabela A2.2 (a) - Peso da maçaranduba, após cada 100 ciclos, (g)

Tabela A2.2 (b) - Perda de peso progressivo da maçaranduba após cada ciclo, (g)

Tabela A2.2 (c) - Diferença de perda de peso da maçaranduba entre ciclos, (g)

Tabela A2.2 (d) - Peso em porcentagem da maçaranduba após cada 100 ciclos

Tabela A2.3 (a) - Peso do ipê, após cada 100 ciclos, (g)

Tabela A2.3 (b) - Perda de peso progressivo do ipê após cada ciclo, (g)

Tabela A2.3 (c) - Diferença de perda de peso do ipê entre ciclos, (g)

Tabela A2.3 (d) - Peso em porcentagem do ipê após cada 100 ciclos

Tabela A2.4 (a) - Peso (g) da peroba-rosa, após cada 100 ciclos

Tabela A2.4 (b) - Perda de peso progressivo da peroba-rosa após cada ciclo, (g)

Tabela A2.4 (c) - Diferença de perda de peso da peroba-rosa entre ciclos, (g)

Tabela A2.4 (d) - Peso em porcentagem da peroba-rosa após cada 100 ciclos

Na Tabela A2.5 encontram-se as médias e o desvio padrão para cada espécie.

Os resultados obtidos no ensaio de desgaste abrasivo pela perda de espessura estão expostos nas tabelas:

- Tabela A2.6 – Espessura da área antes e depois do desgaste
- Tabela A2.7 – média da perda da espessura em cada posição
- Tabela A2.8- Média geral da perda antes e depois do desgaste abrasivo

unesp

TABELA A2.1 (a) - Peso do bambu após cada 100 ciclos, (g)

N°	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos
A1	38,1193	38,0765	38,052	38,0275	38,0056	37,9842	37,963	37,9473	37,9292	37,9071	37,8850
A3	42,9413	42,8687	42,8334	42,7992	42,7683	42,7374	42,7095	42,6788	42,6482	42,6237	42,5916
A4	39,9023	39,8265	39,7899	39,7565	39,7244	39,6943	39,6633	39,6323	39,6025	39,5720	39,5425
A5	42,2865	42,2121	42,1705	42,1284	42,0856	42,0510	42,0070	41,9623	41,9149	41,8707	41,8180
A6	38,4549	38,3634	38,3270	38,2937	38,2657	38,2332	38,2100	38,1767	38,1459	38,1190	38,0955
A7	47,5493	47,4618	47,4175	47,3752	47,3333	47,2914	47,2532	47,2188	47,1838	47,1486	47,1156
A8	37,319	37,2606	37,2252	37,1930	37,1697	37,1377	37,1058	37,0738	37,0439	37,0117	36,9836
A9	48,6948	48,6220	48,5846	48,5462	48,5036	48,4733	48,4356	48,3951	48,3555	48,3146	48,2761
B1	34,4805	34,4015	34,3580	34,3202	34,2805	34,2301	34,1904	34,1517	34,1088	34,0753	34,0368
B2	37,6695	37,5926	37,5584	37,5203	37,4856	37,4499	37,4213	37,386	37,3512	37,3248	37,2885
B3	38,2197	38,1525	38,1177	38,0820	38,0487	38,0226	37,9981	37,9708	37,9448	37,9180	37,8808
B4	34,5879	34,5042	34,4715	34,4450	34,4106	34,3769	34,3445	34,3107	34,2750	34,2402	34,2028
B5	35,7365	35,6616	35,6189	35,5801	35,5474	35,5191	35,4792	35,4430	35,4120	35,3834	35,3412
B6	34,4608	34,3961	34,3602	34,3265	34,2966	34,2663	34,2412	34,2063	34,1705	34,1357	34,1018

TABELA A 2.1(b) - Perda de peso progressivo do bambu após cada ciclo, (g)

N°	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
A1	0,0428	0,0673	0,0918	0,1137	0,1351	0,1563	0,172	0,1901	0,2122	0,2343
A3	0,0726	0,1079	0,1421	0,1730	0,2039	0,2318	0,2625	0,2931	0,3176	0,3497
A4	0,0758	0,1124	0,1458	0,1779	0,2080	0,2390	0,2700	0,2998	0,3303	0,3598
A5	0,0744	0,1160	0,1581	0,2009	0,2355	0,2795	0,3242	0,3716	0,4158	0,4685
A6	0,0915	0,1279	0,1612	0,1892	0,2217	0,2449	0,2782	0,3090	0,3359	0,3594
A7	0,0875	0,1318	0,1741	0,2160	0,2579	0,2961	0,3305	0,3655	0,4007	0,4337
A8	0,0584	0,0938	0,1260	0,1493	0,1813	0,2132	0,2452	0,2751	0,3073	0,3354
A9	0,0728	0,1102	0,1486	0,1912	0,2215	0,2592	0,2997	0,3393	0,3802	0,4187
B1	0,0790	0,1225	0,1603	0,2000	0,2504	0,2901	0,3288	0,3717	0,4052	0,4437
B2	0,0769	0,1111	0,1492	0,1839	0,2196	0,2482	0,2835	0,3183	0,3447	0,3810
B3	0,0672	0,1020	0,1377	0,1710	0,1971	0,2216	0,2489	0,2749	0,3017	0,3389
B4	0,0837	0,1164	0,1429	0,1773	0,2110	0,2434	0,2772	0,3129	0,3477	0,3851
B5	0,0749	0,1176	0,1564	0,1891	0,2174	0,2573	0,2935	0,3245	0,3531	0,3953
B6	0,0647	0,1006	0,1343	0,1642	0,1945	0,2196	0,2545	0,2903	0,3251	0,3590

TABELA A2.1 (c) - Diferença da perda de peso do bambu entre ciclos, (g)

N°	0 -100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 -1000
A1	0,0428	0,0245	0,0245	0,0219	0,0214	0,0212	0,0157	0,0181	0,0221	0,0221
A3	0,0726	0,0353	0,0342	0,0309	0,0309	0,0279	0,0307	0,0306	0,0245	0,0321
A4	0,0758	0,0366	0,0334	0,0321	0,0301	0,0310	0,0310	0,0298	0,0305	0,0295
A5	0,0744	0,0416	0,0421	0,0428	0,0346	0,044	0,0447	0,0474	0,0442	0,0527
A6	0,0915	0,0364	0,0333	0,0280	0,0325	0,0232	0,0333	0,0308	0,0269	0,0235
A7	0,0875	0,0443	0,0423	0,0419	0,0419	0,0382	0,0344	0,0350	0,0352	0,0330
A8	0,0584	0,0354	0,0322	0,0233	0,0320	0,0319	0,032	0,0299	0,0322	0,0281
A9	0,0728	0,0374	0,0384	0,0426	0,0303	0,0377	0,0405	0,0396	0,0409	0,0385
B1	0,0790	0,0435	0,0378	0,0397	0,0504	0,0397	0,0387	0,0429	0,0335	0,0385
B2	0,0769	0,0342	0,0381	0,0347	0,0357	0,0286	0,0353	0,0348	0,0264	0,0363
B3	0,0672	0,0348	0,0357	0,0333	0,0261	0,0245	0,0273	0,026	0,0268	0,0372
B4	0,0837	0,0327	0,0265	0,0344	0,0337	0,0324	0,0338	0,0357	0,0348	0,0374
B5	0,0749	0,0427	0,0388	0,0327	0,0283	0,0399	0,0362	0,031	0,0286	0,0422
B6	0,0647	0,0359	0,0337	0,0299	0,0303	0,0251	0,0349	0,0358	0,0348	0,0339



TABELA A2.1 (d) - Peso em porcentagem do bambu após cada 100 ciclos

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos	MEDIA
A1	100	99,8877	99,8234	99,7592	99,7017	99,6456	99,5899	99,5488	99,5013	99,4433	99,3853	0,61465
A3	100	99,8309	99,7487	99,6691	99,5971	99,5252	99,4602	99,3887	99,3174	99,2604	99,1856	0,81437
A4	100	99,8100	99,7183	99,6346	99,5542	99,4787	99,4010	99,3233	99,2487	99,1722	99,0983	0,90170
A5	100	99,8241	99,7257	99,6261	99,5249	99,4431	99,3390	99,2333	99,1212	99,0167	98,8921	1,10792
A6	100	99,7622	99,6674	99,5808	99,508	99,4235	99,3631	99,2766	99,1965	99,1265	99,0654	0,93460
A7	100	99,8160	99,7228	99,6338	99,5457	99,4576	99,3773	99,3049	99,2313	99,1573	99,0879	0,91211
A8	100	99,8435	99,7486	99,6624	99,5999	99,5142	99,4287	99,3429	99,2628	99,1766	99,1013	0,89874
A9	100	99,8505	99,7737	99,6948	99,6073	99,5451	99,4677	99,3845	99,3032	99,2192	99,1401	0,85984
MEDIA	100	99,8281	99,7411	99,6576	99,5799	99,5041	99,4284	99,3504	99,2728	99,1965	99,1195	0,88049
B1	100	99,7709	99,6447	99,5351	99,4199	99,2738	99,1586	99,0464	98,922	98,8248	98,7132	1,28681
B2	100	99,7959	99,7051	99,6039	99,5118	99,4170	99,3411	99,2474	99,1550	99,0849	98,9886	1,01143
B3	100	99,8242	99,7331	99,6397	99,5526	99,4843	99,4202	99,3488	99,2807	99,2106	99,1133	0,88671
B4	100	99,7580	99,6635	99,5868	99,4874	99,3899	99,2963	99,1986	99,0953	98,9947	98,8866	1,11339
B5	100	99,7904	99,6709	99,5623	99,4708	99,3917	99,2800	99,1787	99,0920	99,0119	98,8938	1,10615
B6	100	99,8122	99,7081	99,6103	99,5235	99,4356	99,3627	99,2615	99,1576	99,0566	98,9582	1,04176
MEDIA	100	99,7919	99,6876	99,5897	99,4943	99,3987	99,3098	99,2136	99,1171	99,0306	98,9256	1,07438

TABELA A2.2 (a) - Peso da maçaranduba após cada 100 ciclos, (g)

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos
1	66,358	66,3025	66,2698	66,2275	66,1892	66,1508	66,1148	66,0761	66,0394	66,0038	65,9683
2	66,6116	66,5542	66,5162	66,4832	66,4482	66,4127	66,3785	66,343	66,3082	66,2758	66,243
3	65,8754	65,8249	65,7818	65,7431	65,7058	65,6698	65,6373	65,6025	65,5679	65,5342	65,5003
4	66,1039	66,0532	66,0178	65,9833	65,9503	65,9177	65,8857	65,8535	65,8223	65,7904	65,7634
5	66,7001	66,6539	66,6199	66,5874	66,5578	66,5273	66,4963	66,465	66,4352	66,4047	66,3739
6	66,1942	66,1598	66,1077	66,0584	66,0113	65,9683	65,9271	65,8868	65,8456	65,8096	65,7661
7	66,5954	66,5356	66,4791	66,4301	66,3811	66,335	66,2987	66,2391	66,2015	66,1866	66,1423
8	59,8673	59,8085	59,7705	59,7427	59,7018	59,6619	59,6199	59,5833	59,5501	59,5074	59,4652
9	59,7147	59,6453	59,6013	59,564	59,5197	59,4874	59,4507	59,4129	59,3702	59,3442	59,3043
10	59,9065	59,8442	59,7987	59,7592	59,7226	59,6844	59,6518	59,6249	59,5988	59,5728	59,5363
11	59,8907	59,8207	59,7827	59,7495	59,6963	59,6656	59,6228	59,5883	59,5468	59,5128	59,472
12	60,0887	60,0238	59,976	59,932	59,8832	59,8614	59,8186	59,7746	59,7315	59,6905	59,6443

TABELA A2.2 (b) - Perda de peso progressivo da maçaranduba após cada ciclo, (g)

Nº	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	0,0555	0,0882	0,1305	0,1688	0,2072	0,2432	0,2819	0,3186	0,3542	0,3897
2	0,0574	0,0954	0,1284	0,1634	0,1989	0,2331	0,2686	0,3034	0,3358	0,3686
3	0,0505	0,0936	0,1323	0,1696	0,2056	0,2381	0,2729	0,3075	0,3412	0,3751
4	0,0507	0,0861	0,1206	0,1536	0,1862	0,2182	0,2504	0,2816	0,3135	0,3405
5	0,0462	0,0802	0,1127	0,1423	0,1728	0,2038	0,2351	0,2649	0,2954	0,3262
6	0,0344	0,0865	0,1358	0,1829	0,2259	0,2671	0,3074	0,3486	0,3846	0,4281
7	0,0598	0,1163	0,1653	0,2143	0,2604	0,2967	0,3563	0,3939	0,4088	0,4531
8	0,0588	0,0968	0,1246	0,1655	0,2054	0,2474	0,284	0,3172	0,3599	0,4021
9	0,0694	0,1134	0,1507	0,195	0,2273	0,264	0,3018	0,3445	0,3705	0,4104
10	0,0623	0,1078	0,1473	0,1839	0,2221	0,2547	0,2816	0,3077	0,3337	0,3702
11	0,07	0,108	0,1412	0,1944	0,2251	0,2679	0,3024	0,3439	0,3779	0,4187
12	0,0649	0,1127	0,1567	0,2055	0,2273	0,2701	0,3141	0,3572	0,3982	0,4444



TABELA A2.2 (c) - Diferença de perda de peso da maçaranduba entre ciclos, (g)

Nº	0 -100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 -1000
1	0,0555	0,0327	0,0423	0,0383	0,0384	0,036	0,0387	0,0367	0,0356	0,0355
2	0,0574	0,0380	0,0330	0,0350	0,0355	0,0342	0,0355	0,0348	0,0324	0,0328
3	0,0505	0,0431	0,0387	0,0373	0,0360	0,0325	0,0348	0,0346	0,0337	0,0339
4	0,0507	0,0354	0,0345	0,0330	0,0326	0,032	0,0322	0,0312	0,0319	0,0270
5	0,0462	0,0340	0,0325	0,0296	0,0305	0,031	0,0313	0,0298	0,0305	0,0308
6	0,0344	0,0521	0,0493	0,0471	0,0430	0,0412	0,0403	0,0412	0,036	0,0435
7	0,0598	0,0565	0,0490	0,0490	0,0461	0,0363	0,0596	0,0376	0,0149	0,0443
8	0,0588	0,0380	0,0278	0,0409	0,0399	0,0420	0,0366	0,0332	0,0427	0,0422
9	0,0694	0,0440	0,0373	0,0443	0,0323	0,0367	0,0378	0,0427	0,0260	0,0399
10	0,0623	0,0455	0,0395	0,0366	0,0382	0,0326	0,0269	0,0261	0,0260	0,0365
11	0,0700	0,0380	0,0332	0,0532	0,0307	0,0428	0,0345	0,0415	0,0340	0,0408
12	0,0649	0,0478	0,0440	0,0488	0,0218	0,0428	0,0440	0,0431	0,0410	0,0462

TABELA A2.2 (d) - Peso em porcentagem da maçaranduba após cada 100 ciclos

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos	MÉDIA
1	100	99,9164	99,8671	99,8033	99,7456	99,6878	99,6335	99,5752	99,5199	99,4662	99,4127	0,5873
2	100	99,9138	99,8568	99,8072	99,7547	99,7014	99,6501	99,5968	99,5445	99,4959	99,4466	0,5534
3	100	99,9233	99,8579	99,7992	99,7425	99,6879	99,6386	99,5857	99,5332	99,4821	99,4306	0,5694
4	100	99,9233	99,8698	99,8176	99,7676	99,7183	99,6699	99,6212	99,5740	99,5257	99,4849	0,5151
5	100	99,9307	99,8798	99,8310	99,7867	99,7409	99,6945	99,6475	99,6028	99,5571	99,5109	0,4891
6	100	99,9480	99,8693	99,7948	99,7237	99,6587	99,5965	99,5356	99,4734	99,4190	99,3533	0,6467
7	100	99,9102	99,8254	99,7518	99,6782	99,6090	99,5545	99,4650	99,4085	99,3861	99,3196	0,6804
8	100	99,9018	99,8383	99,7919	99,7236	99,6569	99,5868	99,5256	99,4702	99,3988	99,3283	0,6717
9	100	99,8838	99,8101	99,7476	99,6734	99,6194	99,5579	99,4946	99,4231	99,3795	99,3127	0,6873
10	100	99,8960	99,8201	99,7541	99,6930	99,6293	99,5748	99,5299	99,4864	99,4430	99,3820	0,6180
11	100	99,8831	99,8197	99,7642	99,6754	99,6241	99,5527	99,4951	99,4258	99,3690	99,3009	0,6991
12	100	99,8920	99,8124	99,7392	99,6580	99,6217	99,5505	99,4773	99,4055	99,3373	99,2604	0,7396
Média	100	99,9102	99,8439	99,7835	99,7185	99,6630	99,6050	99,5458	99,4889	99,4383	99,3786	0,6214

TABELA A2.3 (a) – Peso do ipê após cada 100 ciclos, (g)

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos
1	61,7261	61,6530	61,5802	61,5068	61,4292	61,3538	61,2770	61,2126	61,1332	61,0535	60,9742
2	59,9441	59,8401	59,7637	59,6816	59,5995	59,5164	59,4427	59,3560	59,2682	59,1773	59,0883
3	57,3744	57,2639	57,1979	57,1344	57,0723	56,9939	56,9328	56,8619	56,7947	56,7349	56,6641
4	60,0295	59,8890	59,8159	59,7526	59,6851	59,6036	59,5211	59,4460	59,3777	59,2933	59,2117
5	59,2234	59,0822	59,0090	58,9324	58,8545	58,7877	58,7069	58,6300	58,5613	58,4782	58,3941
6	56,9042	56,8159	56,7439	56,6809	56,6307	56,5609	56,4797	56,4000	56,3299	56,2742	56,2178
7	57,1022	57,0396	56,9776	56,9326	56,8724	56,8124	56,7485	56,6726	56,5996	56,5257	56,4544
8	52,7641	52,6836	52,6141	52,5494	52,4726	52,3949	52,3438	52,2680	52,1956	52,1191	52,0490
9	53,5229	53,4573	53,3864	53,3154	53,2385	53,1621	53,0889	53,0128	52,9416	52,8649	52,7903
10	56,4132	56,3695	56,3230	56,2713	56,2372	56,2070	56,1742	56,1163	56,0616	56,0117	55,9847
11	53,5547	53,5017	53,4586	53,4058	53,3532	53,3029	53,2460	53,1878	53,1290	53,0700	53,0100
12	54,3968	54,3375	54,2885	54,2333	54,1766	54,1186	54,0574	53,9945	53,9345	53,8705	53,8053

unesp

TABELA A2.3 (b) - Perda de peso progressivo do ipê após cada ciclo, (g)

Nº	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	0,0731	0,1459	0,2193	0,2969	0,3723	0,4491	0,5135	0,5929	0,6726	0,7519
2	0,104	0,1804	0,2625	0,3446	0,4277	0,5014	0,5881	0,6759	0,7668	0,8558
3	0,1105	0,1765	0,24	0,3021	0,3805	0,4416	0,5125	0,5797	0,6395	0,7103
4	0,1405	0,2136	0,2769	0,3444	0,4259	0,5084	0,5835	0,6518	0,7362	0,8178
5	0,1412	0,2144	0,291	0,3689	0,4357	0,5165	0,5934	0,6621	0,7452	0,8293
6	0,0883	0,1603	0,2233	0,2735	0,3433	0,4245	0,5042	0,5743	0,6300	0,6864
7	0,0626	0,1246	0,1696	0,2298	0,2898	0,3537	0,4296	0,5026	0,5765	0,6478
8	0,0805	0,1500	0,2147	0,2915	0,3692	0,4203	0,4961	0,5685	0,6450	0,7151
9	0,0656	0,1365	0,2075	0,2844	0,3608	0,4340	0,5101	0,5813	0,6580	0,7326
10	0,0437	0,0902	0,1419	0,1760	0,2062	0,2390	0,2969	0,3516	0,4015	0,4285
11	0,0530	0,0961	0,1489	0,2015	0,2518	0,3087	0,3669	0,4257	0,4847	0,5447
12	0,0593	0,1083	0,1635	0,2202	0,2782	0,3394	0,4023	0,4623	0,5263	0,5915

TABELA A2.3 (c) - Diferença de perda de peso do ipê entre ciclos, (g)

Nº	0 -100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 -1000
1	0,0731	0,0728	0,0734	0,0776	0,0754	0,0768	0,0644	0,0794	0,0797	0,0793
2	0,1040	0,0764	0,0821	0,0821	0,0831	0,0737	0,0867	0,0878	0,0909	0,0890
3	0,1105	0,0660	0,0635	0,0621	0,0784	0,0611	0,0709	0,0672	0,0598	0,0708
4	0,1405	0,0731	0,0633	0,0675	0,0815	0,0825	0,0751	0,0683	0,0844	0,0816
5	0,1412	0,0732	0,0766	0,0779	0,0668	0,0808	0,0769	0,0687	0,0831	0,0841
6	0,0883	0,0720	0,0630	0,0502	0,0698	0,0812	0,0797	0,0701	0,0557	0,0564
7	0,0626	0,0620	0,0450	0,0602	0,0600	0,0639	0,0759	0,0730	0,0739	0,0713
8	0,0805	0,0695	0,0647	0,0768	0,0777	0,0511	0,0758	0,0724	0,0765	0,0701
9	0,0656	0,0709	0,0710	0,0769	0,0764	0,0732	0,0761	0,0712	0,0767	0,0746
10	0,0437	0,0465	0,0517	0,0341	0,0302	0,0328	0,0579	0,0547	0,0499	0,0270
11	0,053	0,0431	0,0528	0,0526	0,0503	0,0569	0,0582	0,0588	0,0590	0,0600
12	0,0593	0,0490	0,0552	0,0567	0,0580	0,0612	0,0629	0,0600	0,0640	0,0652

TABELA A2.3 (d) - Peso em porcentagem do ipê após cada 100 ciclos

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos	MÉDIA
1	100	99,8816	99,7636	99,6447	99,5190	99,3969	99,2724	99,1681	99,0395	98,9103	98,7819	1,2181
2	100	99,8265	99,6991	99,5621	99,4251	99,2865	99,1636	99,0189	98,8724	98,7208	98,5723	1,4277
3	100	99,8074	99,6924	99,5817	99,4735	99,3368	99,2303	99,1067	98,9896	98,8854	98,7620	1,2380
4	100	99,7659	99,6442	99,5387	99,4263	99,2905	99,1531	99,0280	98,9142	98,7736	98,6377	1,3623
5	100	99,7616	99,6380	99,5086	99,3771	99,2643	99,1279	98,9980	98,8820	98,7417	98,5997	1,4003
6	100	99,8448	99,7183	99,6076	99,5194	99,3967	99,2540	99,1139	98,9908	98,8929	98,7938	1,2062
7	100	99,8904	99,7818	99,7030	99,5976	99,4925	99,3806	99,2477	99,1198	98,9904	98,8655	1,1345
8	100	99,8474	99,7157	99,5931	99,4475	99,3003	99,2034	99,0598	98,9226	98,7776	98,6447	1,3553
9	100	99,8774	99,7450	99,6123	99,4686	99,3259	99,1891	99,0469	98,9139	98,7706	98,6312	1,3688
10	100	99,9225	99,8401	99,7485	99,6880	99,6345	99,5763	99,4737	99,3767	99,2883	99,2404	0,7596
11	100	99,9010	99,8206	99,7220	99,6237	99,5298	99,4236	99,3149	99,2051	99,0949	98,9829	1,0171
12	100	99,8910	99,8009	99,6994	99,5952	99,4886	99,3761	99,2604	99,1501	99,0325	98,9126	1,0874
	100	99,8515	99,7383	99,6268	99,5134	99,3953	99,2792	99,1531	99,0314	98,9066	98,7854	1,2146

unesp

TABELA A2.4 (a) – Peso da peroba-rosa após cada 100 ciclos, (g)

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos
1	55,9041	55,8417	55,7974	55,7557	55,7232	55,6803	55,6585	55,6340	55,6052	55,5862	55,5540
2	56,0926	56,0342	55,9912	55,9486	55,9064	55,8665	55,8246	55,7836	55,7414	55,6999	55,6536
3	56,4184	56,3602	56,3187	56,2722	56,2253	56,1853	56,1387	56,0977	56,0531	56,014	55,9552
4	54,9180	54,8654	54,8324	54,7974	54,7601	54,7296	54,6923	54,6657	54,6348	54,6014	54,5665
5	52,2941	52,2343	52,1927	52,1482	52,1044	52,0580	52,0137	51,9652	51,9173	51,8689	51,8179
6	52,8879	52,8288	52,7841	52,7401	52,6955	52,6480	52,5996	52,5490	52,4978	52,4462	52,3963
7	51,0724	50,9878	50,9421	50,8943	50,8501	50,8037	50,7577	50,7116	50,6631	50,6176	50,5637
8	51,3993	51,3296	51,2896	51,2369	51,1867	51,1354	51,0881	51,0349	50,9817	50,9262	50,8684
9	51,8537	51,7906	51,7523	51,7065	51,6582	51,6178	51,5732	51,5354	51,496	51,4475	51,3976
10	52,4148	52,3620	52,3215	52,2825	52,2569	52,2254	52,1857	52,1540	52,1125	52,0811	52,0383
11	56,8761	56,8079	56,7627	56,7209	56,6805	56,6424	56,6055	56,5676	56,5318	56,5007	56,4621
12	58,0524	57,9612	57,9080	57,8567	57,8083	57,7588	57,7110	57,6631	57,6146	57,5704	57,5260

TABELA A2.4 (b) – Peso da peroba-rosa após cada 100 ciclos, (g)

Nº	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	0,0624	0,1067	0,1484	0,1809	0,2238	0,2456	0,2701	0,2989	0,3179	0,3501
2	0,0584	0,1014	0,144	0,1862	0,2261	0,268	0,309	0,3512	0,3927	0,439
3	0,0582	0,0997	0,1462	0,1931	0,2331	0,2797	0,3207	0,3653	0,4044	0,4632
4	0,0526	0,0856	0,1206	0,1579	0,1884	0,2257	0,2523	0,2832	0,3166	0,3515
5	0,0598	0,1014	0,1459	0,1897	0,2361	0,2804	0,3289	0,3768	0,4252	0,4762
6	0,0591	0,1038	0,1478	0,1924	0,2399	0,2883	0,3389	0,3901	0,4417	0,4916
7	0,0846	0,1303	0,1781	0,2223	0,2687	0,3147	0,3608	0,4093	0,4548	0,5087
8	0,0697	0,1097	0,1624	0,2126	0,2639	0,3112	0,3644	0,4176	0,4731	0,5309
9	0,0631	0,1014	0,1472	0,1955	0,2359	0,2805	0,3183	0,3577	0,4062	0,4561
10	0,0528	0,0933	0,1323	0,1579	0,1894	0,2291	0,2608	0,3023	0,3337	0,3765
11	0,0682	0,1134	0,1552	0,1956	0,2337	0,2706	0,3085	0,3443	0,3754	0,414
12	0,0912	0,1444	0,1957	0,2441	0,2936	0,3414	0,3893	0,4378	0,482	0,5264

TABELA A2.4 (c) - Diferença de perda de peso da peroba-rosa entre ciclos, (g)

Nº	0 -100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 -1000
1	0,0624	0,0443	0,0417	0,0325	0,0429	0,0218	0,0245	0,0288	0,0190	0,0322
2	0,0584	0,0430	0,0426	0,0422	0,0399	0,0419	0,0410	0,0422	0,0415	0,0463
3	0,0582	0,0415	0,0465	0,0469	0,0400	0,0466	0,0410	0,0446	0,0391	0,0588
4	0,0526	0,0330	0,0350	0,0373	0,0305	0,0373	0,0266	0,0309	0,0334	0,0349
5	0,0598	0,0416	0,0445	0,0438	0,0464	0,0443	0,0485	0,0479	0,0484	0,0510
6	0,0591	0,0447	0,0440	0,0446	0,0475	0,0484	0,0506	0,0512	0,0516	0,0499
7	0,0846	0,0457	0,0478	0,0442	0,0464	0,0460	0,0461	0,0485	0,0455	0,0539
8	0,0697	0,0400	0,0527	0,0502	0,0513	0,0473	0,0532	0,0532	0,0555	0,0578
9	0,0631	0,0383	0,0458	0,0483	0,0404	0,0446	0,0378	0,0394	0,0485	0,0499
10	0,0528	0,0405	0,0390	0,0256	0,0315	0,0397	0,0317	0,0415	0,0314	0,0428
11	0,0682	0,0452	0,0418	0,0404	0,0381	0,0369	0,0379	0,0358	0,0311	0,0386
12	0,0912	0,0532	0,0513	0,0484	0,0495	0,0478	0,0479	0,0485	0,0442	0,0444

unesp

TABELA A2.4 (d) - Peso em porcentagem da peroba-rosa após cada 100 ciclos

Nº	peso inicial	100 ciclos	200 ciclos	300 ciclos	400 ciclos	500 ciclos	600 ciclos	700 ciclos	800 ciclos	900 ciclos	1000 ciclos	MÉDIA
1	100	99,8884	99,8091	99,7345	99,6764	99,5997	99,5607	99,5169	99,4653	99,4313	99,3737	0,6263
2	100	99,8959	99,8192	99,7433	99,6680	99,5969	99,5222	99,4491	99,3739	99,2999	99,2174	0,7826
3	100	99,8968	99,8233	99,7409	99,6577	99,5868	99,5042	99,4316	99,3525	99,2832	99,1790	0,8210
4	100	99,9042	99,8441	99,7804	99,7125	99,6569	99,5890	99,5406	99,4843	99,4235	99,3600	0,6400
5	100	99,8856	99,8061	99,7210	99,6372	99,5485	99,4638	99,3711	99,2795	99,1869	99,0894	0,9106
6	100	99,8883	99,8037	99,7205	99,6362	99,5464	99,4549	99,3592	99,2624	99,1648	99,0705	0,9295
7	100	99,8344	99,7449	99,6513	99,5647	99,4739	99,3838	99,2936	99,1986	99,1095	99,0040	0,9960
8	100	99,8644	99,7866	99,6840	99,5864	99,4866	99,3945	99,2910	99,1875	99,0796	98,9671	1,0329
9	100	99,8783	99,8044	99,7161	99,6230	99,5451	99,4591	99,3862	99,3102	99,2166	99,1204	0,8796
10	100	99,8993	99,8220	99,7476	99,6987	99,6387	99,5629	99,5024	99,4233	99,3633	99,2817	0,7183
11	100	99,8801	99,8006	99,7271	99,6561	99,5891	99,5242	99,4576	99,3946	99,3400	99,2721	0,7279
12	100	99,8429	99,7513	99,6629	99,5795	99,4943	99,4119	99,3294	99,2459	99,1697	99,0932	0,9068
Média	100	99,8799	99,8013	99,7191	99,6414	99,5636	99,4859	99,4107	99,3315	99,2557	99,1690	0,8310

TABELA A2.5 – Média e desvio padrão da perda de peso para as espécies

	Ipê		Peroba-rosa		Maçaranduba		Bambu A		Bambu B	
ciclos	média	desvio padr	media	desvio pad	média	desvio pad	média	desvio pad	média	desvio pad
100	0,0852	0,0326	0,0650	0,0119	0,0567	0,0102	0,0720	0,0155	0,0744	0,0072
200	0,1497	0,0415	0,1076	0,0159	0,0988	0,0124	0,1084	0,0204	0,1117	0,0088
300	0,2133	0,0496	0,1520	0,0197	0,1372	0,0155	0,1435	0,0253	0,1468	0,0103
400	0,2778	0,0605	0,1940	0,0244	0,1783	0,0215	0,1764	0,0321	0,1809	0,0129
500	0,3451	0,0738	0,2360	0,0300	0,2137	0,0228	0,2081	0,0371	0,2150	0,0202
600	0,4114	0,0855	0,2779	0,0343	0,2504	0,0253	0,2400	0,0429	0,2467	0,0260
700	0,4831	0,0924	0,3185	0,0423	0,2880	0,0317	0,2728	0,0504	0,2811	0,0290
800	0,5524	0,0991	0,3612	0,0489	0,3241	0,0353	0,3054	0,0580	0,3154	0,0333
900	0,6235	0,1098	0,4020	0,0574	0,3561	0,0340	0,3375	0,0644	0,3462	0,0345
1000	0,6926	0,1246	0,4487	0,0639	0,3939	0,0395	0,3699	0,0721	0,3838	0,0357

unesp

TABELA A2.6 – Medida da espessura antes e depois do desgaste abrasivo

Espécies	Espessura da área antes do desgaste				Espessura da área depois do desgaste			
	posição				posição			
	1	2	3	4	1	2	3	4
IPÊ - 1	6,51	6,51	6,55	6,57	6,205	6,187	6,321	6,282
IPÊ - 2	6,51	6,53	6,45	6,44	6,223	6,199	6,112	6,107
IPÊ - 3	6,27	6,27	6,57	6,51	6,042	6,014	6,312	6,221
IPÊ - 4	6,57	6,59	6,55	6,51	6,303	6,321	6,292	6,279
MAC – 1	6,83	6,84	6,68	6,76	6,564	6,518	6,556	6,599
MAC – 2	6,76	6,75	6,74	6,73	6,517	6,58	6,629	6,523
MAC – 3	6,79	6,79	6,7	6,74	6,599	6,499	6,493	6,554
MAC – 4	6,63	6,7	6,65	6,64	6,599	6,591	6,595	6,604
PER - 1	6,6	6,61	6,63	6,58	6,452	6,592	6,533	6,499
PER - 2	6,65	6,46	6,41	6,56	6,486	6,333	6,287	6,43
PER - 3	6,41	6,34	6,48	6,52	6,239	6,149	6,302	6,36
PER - 4	6,57	6,44	6,38	6,48	6,443	6,329	6,297	6,636
BAM - B 1	6,74	6,76	6,81	6,81	6,383	6,541	6,575	6,543
BAM - B 2	6,7	6,78	6,82	6,79	6,403	6,624	6,515	6,654
BAM - B 3	6,78	6,85	6,86	6,89	6,538	6,643	6,609	6,705
BAM - B 4	6,72	6,73	6,75	6,71	6,547	6,554	6,542	6,468
BAM - A 1	6,37	6,36	6,52	6,35	6,252	6,269	6,297	6,293
BAM - A 3	6,45	6,44	6,46	6,6	6,296	6,292	6,295	6,217
BAM - A 4	6,33	6,33	6,44	6,29	6,172	6,167	6,287	6,139
BAM - A 5	6,1	6,01	6,3	6,23	5,945	5,895	6,122	6,216

TABELA A2.7 – Perda da espessura em cada posição

Espécies	Posição			
	1	2	3	4
IPÊ - 1	0,305	0,323	0,229	0,288
IPÊ - 2	0,287	0,331	0,338	0,333
IPÊ - 3	0,228	0,256	0,258	0,289
IPÊ - 4	0,267	0,269	0,258	0,231
MAC – 1	0,266	0,322	0,124	0,161
MAC – 2	0,243	0,17	0,111	0,207
MAC – 3	0,191	0,291	0,207	0,186
MAC – 4	0,031	0,109	0,055	0,036
PER - 1	0,148	0,018	0,097	0,081
PER - 2	0,164	0,127	0,123	0,13
PER - 3	0,171	0,191	0,178	0,16
PER - 4	0,127	0,111	0,083	-0,156
BAM - B 1	0,357	0,219	0,235	0,267
BAM - B 2	0,297	0,156	0,305	0,136
BAM - B 3	0,242	0,207	0,251	0,185
BAM - B 4	0,173	0,176	0,208	0,242
BAM - A 1	0,118	0,091	0,223	0,057
BAM - A 3	0,154	0,148	0,165	0,383
BAM - A 4	0,158	0,163	0,153	0,151
BAM - A 5	0,155	0,115	0,178	0,014



ANEXO 4

O ensaio de dureza das madeiras Ipê, Maçaranduba, Peroba-rosa e do Bambu A e B apresenta os seguintes resultados na tabela A4.1.

TABELA A4.1 – Medida da dureza Janka das espécies

Amostra	Espécies				
	Ipê (kgf)	MAC (kgf)	PER (kgf)	Bambu A (kgf)	Bambu B (kgf)
1	950	820	910	831	560
2	748	865	815	861	520
3	860	854	899	830	622
4	920	856	888	850	592

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBADE, N. P. **Erosão por partículas sólidas em meio aquoso do aço API 5LX65 nas condições como fornecido e temperado intercriticamente com alta taxa de resfriamento**, 1999. 102p. Tese (Mestrado em Materiais) – Faculdade de Engenharia Mecânica, UNESP, Guaratinguetá.

ABD, L. M.; MOHD, T. M.; MOHD, R. S.; MOHD, S. M. Wear resistance of two commercial bamboo species in Peninsular Malaysia and their Suitability as a flooring material. Proceedings of the International Bamboo Workshop, p. 223-230, 1988.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C501-84: Standard Test Method for Relative Resistence to Wear of Unglazed Ceramic Tile by the Taber Abraser, 1996.

_____ D2394-83: Standard Methods for Simulated Service Testing of Wood and Wood-Base Finish Flooring, 1993.

_____ D4060-95: Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coating by The Taber Abraser, 1995.

ANTUNES, M.D.C.C.A. O Bambu em construção, 1º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de madeira, Julho 1983.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo. Edgard Blüsher LTDA, 1977.

AZZINI, A.; CIARAMELO, D.; NAGAI, V. Propagação vegetativa do bambu gigante Bragantia, 37: I-III, 1978.

AZZINI, A. & SALGADO, A. L. de B. Possibilidades agrícolas e industriais do bambu. IAC, Campinas, SP. 1981. O Agronômico, 33: 61-80.

BERALDO A. L. & ZOULALIAN, A. Bambu material alternativo para construções rurais. In: V ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. EBRAMEM. 1995. Belo Horizonte, MG 2v.

BORGES, A. C. **Prática das pequenas construções**, Vol. 1, 6ª edição Ed. Edgard Blücher LTDA, 1981.

BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**, London, Interscience Publishers, 1963. 689p.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

CARRASCO, E. V. M.; MOREIRA, L . E.; XAVIER, P. V. Bambu laminado e colado. In: V ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. EBRAMEM. 1995. Belo Horizonte, MG. 2v.

CHIMELO, J.P. Anatomia da madeira. In: **MANUAL DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas.. São Paulo: Publicação IPT nº 1637. 1986. v.1, p.41-66.

CIARAMELO, D & AZZINI, A. Bambu como matéria prima para papel. In: V – ESTUDOS SOBRE O EMPREGO DE QUATRO ESPÉCIES DE DENDROCALAMUS NA PRODUÇÃO E CELULOSE E SULFATO. Bragantia, 30: 1971. p. 321-326.

CRNKOVIC, S. J. **Comportamento de um aço ABNT-1020 bifásico revenido quanto ao atrito e desgaste**. 1993. 276p. Tese (Doutorado em Materiais) – Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas.

CUNHA, R. M.; BEZERRA, R. A.; NOGUEIRA, R. E. F. Q. Projeto e construção de um dispositivo para o estudo de desgaste mecânico. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA MECÂNICA NORTE – NORDESTE, 4, 1996, Recife. Anais... Recife: Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 1996. V. 1, p. 163-7.

DIEGUEZ, J. M. Consideraciones sobre el pesado y el presente de la madera. In: TRATAMIENTO Y CONSERVACION DE LA MADERA. Madrid, G. Jamagar, S. L. Mostales, 1976. p. 13-28.

FARRELY, D. **The book of bamboo**, Sierra Club Books San Francisco, EUA. 1984, 340p.

FENGEL, D. & WEGENER, G. **Wood chemistry** , ultrastructure, reactions. Berlin, Walter de Gruyter, 1984. 613p.

FRICK, O. F. V. Studies of wear on flooring materials. Wear, 14, p. 119-131, 1969.

GALVEZ, L.V.; Delgado, J.B.; Sanchez,F.G. Los bambues. Mexico. Inst. Nac. Invest. For. 50. 1982.

GHAVAMI, K. Application of bamboo as a low-cost construction material. In: INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP, 1988, Cochin, India 394p. p.270-279.

_____ Bambu: Um material alternativo na Engenharia. Revista do Instituto de Engenharia No. 192, São Paulo, p. 13 – 27, 1992.

_____ Propriedades dos bambus e suas aplicações nas obras de engenharia, arquitetura e desenho industrial. Rio de Janeiro: CTC/PUC-Rio.1995.201p.

GHAVAMI, K.; ASCE, M.; GAMM, M. Estrutura de concreto armado com bambu. In: 6º COLÓQUIO SOBRE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO. CECAP. 1990. PUC – RJ. Vol. 1.

GODBOLE, V. S. & LAKKAD, S. C. Effect of water absorption on the mechanical properties of bamboo. Journal of Materials Science Letters 5, p. 303-304, 1986.

GONÇALVES, C. D. Estudos e desenvolvimento de técnicas para realização de ensaios de propriedades físicas e mecânicas em amostras serradas e laminadas de bambu de espécie gigante. Guaratinguetá, 1999. (Iniciação Científica, Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Guaratinguetá)

GONÇALVES, M. T. T. Anatomia da Madeira In: **PROCESSAMENTO DA MADEIRA**, Bauru/SP Marcos T. T. Gonçalves, 2000. p.11-26.

_____. Características e propriedades da madeira In: _____p.33-40.

GUIMARÃES, V. A. **Controle Dimensional e Geométrico**. Passo Fundo: Ed. UPF , 1999. 161p. ISBN 85-86010-41-3.

HARTFORD, W. H. The environmental impact of wood preservation. Repr. American Wood-Preservers Association, 1976. p. 7.

HELLMEISTER C. J. Madeira e suas características. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 1, 1983, São Carlos. Anais... São Carlos: IBRAMEM – USP, 1983. v.1, p.1-37.

HIDALGO, O. Tipos de bambues y metodos de cultivo. In. SEGUNDO SIMPOSIO LATINOAMERICANO SOBRE BAMBÚ – Guayaquil . 1982. Ecuador.

HSIUNG, W. Prospects for bamboo development in the world. In: IBC 88, 1988, Prafance.

IRWIN, W.E. Desenvolviment of a Method to Measure Wear on Resilient Flooring. Journal of Testing and Evaluation, JTEVA, Vol. 4 No. I, p15-20, Jan 1976.

JANSSEN, J. J. A. **Building with bamboo**. London, 1988. 68p. Intermediate Technology Publications.

_____. Preservation. In: BAMBOO. A SERIES OF ARTICLES ON THE USE OF BAMBOO IN BUILDING CONSTRUCTION, 1982, Eindhoven, University of Technology.

JARAMILLO, S. V. La guadua en los grandes proyectos de inversion. In: I CONGRESSO MUNDIAL DE BAMBU GUADUA. 1992. Pereira, Colombia. 215p.

JIRU, W.; ZHONGWEN, Y.; YMING, Y. A Glimpse of bamboo resource utilization in Yunnan Province, China. In: Fourth International Bamboo Workshop 1991, Chiangmo, Thailand, 342p., p 270-272.

LEPAGE, E. S. Introdução. In: **MANUAL DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo: Publicação IPT nº 1637. 1986. v.1, p. 2-7

_____ Química da Madeira In: _____. v.1, p. 69-70.

LIESE, W. Research on bamboo. Wood and Sci Technol. 21: 189-209, 1987.

_____ Bamboos – Biology, silveies, properties, utilization. 1985, 132p Eschborn, dt. Ges.fur. Techn. Zusammnarbeit (GTZ).

LIMA Jr., H.C. BARBOSA, N. P. GHAVAMI, K. Comportamento em serviço de lajes de concreto reforçadas com bambu. In: V ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. EBRAMEM. 1995. Belo Horizonte, MG 2v.

LOPES, O.H. Tipos de bambu y metodos de cultivo. In.: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DEL BAMBU, 1982, Guaiaquil.

_____. Bambu su cultivo y aplicaciones en.: Fabricacion de papel, Construction, Arquitecture, Ingenieria y Artesania. 1974. 318p. Estudios Tecnicos Colombianos Limitada. Cali, Colombia.

MCCLURE, F.A. Bamboo as building material. Colonial building notes. Department of scientific and industrial research., EUA. 1966.

NOMURA, T.; TOMAZELLO F. M.; AZZINI, A. Production and utilization of bamboo in Brazil. In: IUFRO WORLD CONGRESS, XVIII, 1986, Yugoslavia. Anais... Kyoto University, 1986, p. 61-69.

OHTANI, T.; YAKOU, T.; KITAYAMA, S. Conditions and origin of the critical grain size effect on the abrasive wear of woods. Mokuzai Gakkaishi, vol. 42, i11, p.1057-1063, 1996.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C.; BROWN, H. P**. Textbook of wood technology**. 4.ed. New York, MacGraw-Hill. 1980. v.1, 722p.il.

PEREIRA, M. A. R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)**, 1997. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu.

SCHEY, J. A. **Tribology in Metalworking Friction, Lubrification and Wear**. Ohio: ASM, 1984, p. 3-9.

TONG J., REN L. Q., Chen B. C. Abrasive wear Behavior of Bamboo. Tribology International vol.28, No. 5. p.323-327, 1995.

WANG, Y. C.; HSIEH, J. S.; WU, S. C. Structural variability of vascular bundles of some exotic bamboo species. In: BAMBOO IN ASIA AND THE PACIFIC: PROCEDING OF THE FOURTH INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP HELD IN CHIANGMAI, 1991,Thailand, Nov27-30. Food and Agriculture Organization of the United Nations Development Programmer, 1994. 342p.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. São Paulo: Pini: SindusCon-SP, 1998. p. 512-514. ISBN 85-7266-094-1.

YAKOU, T., OHTANI, T., SUETSUGU, Y. ANDO, K. HATTORI, N., KITAYAMA, S. Grain size effects on the abrasive wear of bamboo. Mokuzai Gakkaishi 45: (4) p.281-288, 1999.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18