

MARCO ANTONIO DOS REIS PEREIRA

PROJETO BAMBU:

INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES, MANEJO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” campus de Bauru/SP, para obtenção do título de Livre-Docente, na disciplina Design e Construção com Bambu.

**Bauru
2012**

DEDICAÇÃO

E

OFERECIMENTO

À minha esposa Denise

Pelo apoio, dedicação e amor sempre presentes

“NÃO SE COLECIONAM BAMBUS APENAS PELO PRAZER DE ADMIRÁ-LOS. NAQUELES QUE OBSERVAM, ESTUDAM E AMAM ESTE VEGETAL, GERA-SE UMA VISÃO MENOS PESSIMISTA DO FUTURO DO PLANETA. MUITOS PROBLEMAS ECOLÓGICOS PODERIAM SER RESOLVIDOS, PELO MENOS EM PARTE, COM O BAMBU”.

(YVES CROUZET - PRAFRANCE)

AGRADECIMENTOS

- São muitas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho e, para não errar pelo esquecimento, gostaria de agradecer a todos que dele participaram e contribuíram de alguma forma.
- A todos os alunos que por aqui passaram e, em especial os alunos dos cursos de Design e Arquitetura pela contribuição no desenvolvimento de produtos e aplicações em bambu.
- Aos professores da Unesp que sempre me apoiaram
- À Faculdade de Engenharia de Bauru/FEB pelo apoio sempre presente
- Ao Departamento de Engenharia Mecânica pelo apoio sempre presente
- Ao Departamento de Design pela oportunidade de compartilhar nosso trabalho.
- Ao arquiteto OSCAR HIDALGO-LÓPEZ, pelo exemplo de dedicação, entusiasmo e inspiração para trabalhar com o bambu.
- Aos técnicos e marceneiros da Unesp de Bauru pelo valioso auxílio
- Aos agricultores do Assentamento Horto de Aimorés pela participação
- À Fundunesp, à Fapesp e ao CNPq pelos auxílios ao longo do projeto.
- À minha família
- A todos aqueles que partilham de alguma forma a ideia de estudar esta planta
- A Deus e à natureza por nos permitir participar deste milagre chamado vida

SUMÁRIO

	Página
1 - RESUMO.....	1
2 - INTRODUÇÃO.....	3
3 - OBJETIVOS.....	6
4 - REVISÃO DA LITERATURA.....	7
4.1 O bambu.....	7
4.1.1 Histórico.....	7
4.1.2 Considerações gerais.....	9
4.2 A planta.....	13
4.2.1 O colmo.....	13
4.2.2 Rizoma.....	15
4.2.2.1 Tipo leptomorfo ou alastrante.....	15
4.2.2.2 Tipo paquimorfo, entouceirante ou moita.....	16
4.3 Condições gerais de cultivo, colheita e manejo.....	18
4.4 Anatomia geral do colmo.....	23
4.5 Anatomia geral do nó.....	26
4.6 Características químicas.....	28
4.7 Características físicas e mecânicas.....	29
4.7.1 Considerações gerais.....	29
4.7.2 Umidade.....	34
4.7.3 Massa específica.....	35
4.7.4 Variações dimensionais.....	38
4.7.5 Compressão paralela às fibras.....	40
4.7.6 Tração paralela às fibras.....	41
4.7.7 Flexão estática.....	43
4.7.8 Cisalhamento.....	45
4.7.9 Valores gerais das características físicas e mecânicas.....	45
4.8 Espécies de bambu.....	51
4.8.1 Espécies prioritárias.....	53
4.8.2 O bambu gigante (<i>Dendrocalamus giganteus</i>)	54

4.8.3 O bambu guauda (<i>Guadua angustifolia</i>).....	55
5 – MATERIAL E MÉTODOS.....	58
5.1 Introdução e manejo de espécies prioritárias.....	58
5.1.1 Considerações.....	58
5.1.2 Espécies.....	59
5.1.3 Manejo, Produção e Idade dos colmos.....	60
5.1.3.1 Considerações.....	60
5.1.3.2 Dados de manejo e produção a serem obtidos no campo.....	61
5.2 Caracterização.....	62
5.2.1 Considerações iniciais.....	62
5.2.2 Espécie de bambu utilizada.....	64
5.3 Localização.....	64
5.4 Caracterização física e mecânica.....	65
5.4.1 Partes do colmo a serem estudadas.....	65
5.4.2 Dimensões (espessura da parede e da largura) das ripas.....	66
5.4.3 Definição estatística do número de corpos de prova	66
5.4.4 Definição das moitas e colmos para corpos de prova.....	67
5.4.5 Dados dos colmos a serem utilizados no estudo.....	67
5.4.6 Processamento dos colmos para a retirada e confecção das ripas e dos corpos de prova.....	68
5.4.6.1 Material simples.....	68
5.4.6.2 Material composto – Bambu Laminado Colado (BLaC).....	70
5.5 Ensaio de caracterização física e mecânica.....	71
5.5.1 Considerações.....	71
5.5.1 Material simples.....	72
5.5.2 - Material composto (bambu laminado colado – BLaC	73
5.6 Breve descrição dos ensaios físicos e mecânicos propostos de acordo com as normas de chapa de madeira compensada e madeira.....	74
5.6.1 Material Simples (ripas) – Norma de chapa de compensada.....	74
5.6.1.1. Umidade.....	74

5.6.1.2	Massa Específica Aparente.....	75
5.6.1.3	Inchamento.....	75
5.6.1.4	Absorção de água.....	76
5.6.1.5	Estabilidade Dimensional.....	77
5.6.1.6	Tração paralela às fibras.....	78
5.6.1.7	Flexão estática	79
5.6.1.8	Compressão paralela às fibras.....	80
5.6.2	Para o material composto - bambu laminado colado	80
5.6.2.1	Compressão paralela às fibras.....	80
5.6.2.2	Flexão estática.....	81
5.6.2.3	Tração paralela às fibras.....	81
5.6.2.4	Cisalhamento na lâmina de cola.....	82
5.6.2.5	Tração na lâmina de cola.....	82
5.7	Desenvolvimento, divulgação e aplicações.....	83
5.7.1	Pós-graduação.....	83
5.7.2	Graduação.....	83
5.7.3	Extensão, sustentabilidade e inserção social.....	84
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
6.1	Introdução de espécies.....	85
6.2	Manejo e desenvolvimento das moitas.....	92
6.2.1	Manejo/colheita de colmos.....	92
6.2.2	Manejo/Inventário dos colmos.....	96
6.3	Coleta de colmos para a caracterização.....	104
6.4	Preparo dos colmos para o processamento.....	105
6.4.1	Desdobro perpendicular.....	105
6.4.2	Desdobro longitudinal.....	106
6.4.3	Beneficiamento das ripas.....	107
6.4.4	Proteção ripas contra insetos.....	108
6.4.5	Secagem e armazenamento das ripas.....	109

6.5	Caracterização física e mecânica.....	110
6.5.1	Características físicas do material simples (ripas).....	110
6.5.1.1	Massa específica aparente.....	110
6.5.1.2	Absorção de água.....	115
6.5.1.3	Estabilidade dimensional.....	118
6.5.2	Características mecânicas do material simples- ripas laminadas.....	125
6.5.2.1	Compressão paralela às fibras.....	125
6.5.2.2	Flexão estática.....	130
6.5.2.3	Tração paralela às fibras.....	135
6.5.3	Características do material composto – Bambu Laminado Colado (BLaC).....	145
6.5.3.1	Pressão de colagem dos laminados.....	145
6.5.3.2	Massa específica aparente.....	146
6.5.3.3	Compressão paralela às fibras.....	148
6.5.3.4	Flexão estática.....	151
6.5.3.5	Tração paralela às fibras.....	154
6.5.3.6	Tração normal na lâmina de cola.....	160
6.5.3.7	Cisalhamento na lâmina de cola.....	163
6.6	Desenvolvimento, divulgação e aplicações.....	166
6.6.1	Pós-graduação.....	167
6.6.2	Graduação.....	168
6.7	Extensão, sustentabilidade e inserção social.....	178
7	CONCLUSÕES	191
7.1	Plantio, manejo e desenvolvimento de espécies.....	191
7.2	Material simples (ripas laminadas).....	191
7.3	Bambu Laminado Colado (BLaC).....	192
7.4	Desenvolvimento, extensão e inserção social.....	193
8	BIBLIOGRAFIA	194

LISTA DE FIGURAS

página

1 – REVISÃO DA LITERATURA

Figura 1	Seção de um colmo de bambu e suas denominações.....	14
Figura 2	Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante.....	16
Figura 3	Rizoma do tipo paquimorfo ou moita.....	17
Figura 4	Corte correto e incorreto de colmo tipo paquimorfo ou moita.....	20
Figura 5	Seção transversal de um colmo.....	25
Figura 6	Ilustração da morfologia do nó.....	26
Figura 7	Distribuição dos feixes vasculares na região nodal.....	27
Figura 8	Comprimento das fibras em função da localização no colmo.....	28
Figura 9	Resistência e dureza de alguns materiais e o bambu.....	34

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Figura 1	Moita de bambu gigante (<i>Dendrocalamus giganteus</i>).....	64
Figura 2	Partes do colmo a serem utilizadas.....	65
Figura 3	Esquema de localização de ripas , através da seção transversal do colmo.....	66
Figura 4	Serra circular destopadeira e serra circular refiladeira dupla.....	69
Figura 5	Serra circular para a retirada dos nós.....	69
Figura 6	Plaina quatro faces e plaina duas faces (super taquara).....	69
Figura 7	Tanque para imersão das ripas.....	70
Figura 8	Equipamento para colagem lateral das ripas.....	70
Figura 9	Equipamento para a colagem em espessura das ripas.....	71
Figura 10	Máquina Universal de Ensaios (EMIC).....	73

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 1	Espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i>	86
Figura 2	Espécie <i>Guadua angustifolia</i>	87

Figura 3	Espécie <i>Guadua chacoensis</i>	87
Figura 4	Espécie <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	87
Figura 5	Espécie <i>Dendrocalamus strictus</i>	88
Figura 6	Espécie <i>Bambusa tulda</i>	88
Figura 7	Espécie <i>Bambusa textiles</i>	88
Figura 8	Espécie <i>Bambusa oldhami</i>	89
Figura 9	Espécie <i>Gigantochloa verticillata</i>	89
Figura 10	Espécie <i>Bambusa multiplex</i>	89
Figura 11	Espécie <i>Bambusa maligensis</i>	70
Figura 12	. Espécies <i>Bambusa vulgaris</i> e <i>B. vulgaris v.vittata</i>	70
Figura 13	Espécie <i>Bambusa tuldoides</i>	70
Figura 14	Espécie <i>Bambusa ventricosa</i>	71
Figura 15	Espécie <i>Bambusa longispicullata</i>	71
Figura 16	Identificação da idade dos colmos.....	92
Figura 17	Desenvolvimento anual das moitas - número total de colmos.....	99
Figura 18	Desenvolvimento anual das moitas – número médio de colmos por moita (N).....	99
Figura 19	Desenvolvimento anual das moitas - diâmetro a altura do peito (DAP).....	100
Figura 20	Desenvolvimento anual das moitas – altura média dos colmos (H).....	100
Figura 21	Desenvolvimento anual das moitas - número total de colmos.....	101
Figura 22	Desenvolvimento anual das moitas – número médio colmos por moita (N).....	102
Figura 23	Desenvolvimento anual das moitas - diâmetro a altura do peito (DAP).....	102
Figura 24	Desenvolvimento anual das moitas – altura média dos colmos (H).....	102
Figura 25	Operação de desdobro ou corte perpendicular	106
Figura 26	Operação de corte longitudinal e aspecto das ripas ainda não destacadas	106
Figura 27	Feixes de ripas oriundas do desdobro longitudinal e identificação utilizada.....	107
Figura 28	Aspecto das ripas após separação do feixe, mostrando os nós internos.....	107
Figura 29	Operação de beneficiamento para retida dos nós.....	108
Figura 30	Processamento final das ripas em plainas quatro faces e plaina duas faces.....	108
Figura 30-A	Proteção das ripas contra o ataque de insetos	109
Figura 31	Armazenamento e secagem das ripas.....	109

Figura 32	Corpos de prova para massa específica aparente: sem nó (esquerda), com nó (direita).....	110
Figura 33	Valores médios para massa específica aparente de ripas de bambu.....	115
Figura 34	Corpos de prova para absorção de água : sem nó, com nó.....	115
Figura 35	Valores médios absorção de água em ripas de bambu sem nó e com nó	118
Figura 36	Corpos de prova estabilidade dimensional: sem nó , com nó	118
Figura 37	Valores médios para a estabilidade dimensional – retração.....	124
Figura 38	Valores médios para a estabilidade dimensional – inchamento.....	124
Figura 39	Valores médios para a estabilidade dimensional – variação volumétrica.....	125
Figura 40	Corpo de prova de compressão e respectivo ensaio.....	125
Figura 41	Corpos de prova de compressão após a realização do ensaio.....	126
Figura 42	Valores médios de resistência à compressão em ripas de bambu	130
Figura 43	Corpo de prova de flexão e respectivo ensaio.....	130
Figura 44	Corpos de prova de flexão após a realização do ensaio.....	131
Figura 45	Resistência à flexão de ripas de bambu	134
Figura 46	Módulo de elasticidade longitudinal na flexão em ripas de bambu.....	135
Figura 47	Corpo de prova de tração e respectivo ensaio, mostrando extensômetro.....	135
Figura 48	Corpos de prova de tração após a realização do ensaio.....	136
Figura 49	Resistência à tração de ripas de bambu.....	139
Figura 50	Módulo de elasticidade no ensaio de tração em ripas de bambu.....	140
Figura 51	Resistência geral das ripas de bambu considerando o colmo inteiro.....	142
Figura 52	Resistência geral das ripas de bambu considerando o colmo inteiro.....	143
Figura 53	Utilização de Torquímetro para colocação de pressão na colagem	145
Figura 54	Corpo de prova para massa específica aparente (BLaC).....	146
Figura 55	Corpo de prova de compressão e respectivo ensaio mostrando extensômetro...	148
Figura 56	Corpos de prova de compressão após a realização do ensaio.....	148
Figura 57	Corpo de prova de flexão e respectivo ensaio (BLaC).....	151
Figura 58	Corpos de prova de flexão após a realização do ensaio.....	151
Figura 59	Corpo de prova de tração e respectivo ensaio após retirada do extensômetro...	154
Figura 60	Corpos de prova de tração após a realização do ensaio	154
Figura 60-A	Resistência mecânica em bambu laminado colado (BLaC).....	158

Figura 61 Módulo de elasticidade em bambu laminado colado (BLaC).....	158
Figura 62 Resistência geral do bambu como BLaC e como ripas lamiandas.....	159
Figura 63 Módulo de elasticidade nas ripas laminadas (com nó e sem nó) e no BLaC.....	160
Figura 63-A Corpo de prova para tração na lâmina de cola e respectivo ensaio.....	161
Figura 64 Corpo de prova após o rompimento.....	161
Figura 65 Tração na lâmina de cola, adesivos cascorez 2590 e waterbond.....	163
Figura 66 Corpo de prova para cisalhamento na lâmina de cola e respectivo ensaio.....	163
Figura 67 Corpo de prova após o rompimento.....	164
Figura 68 Cisalhamento na lâmina de cola, adesivos cascorez 2590 e waterbond.....	165
Figura 69 . Capa do livro “Bambu de corpo e Alma”.....	167
Figura 70. Banco em BLaC – TCC - Cristiane Gaion 2004	
Banco em BLaC – TCC - Breno Giordano Barelli 2005.....	169
Figura 71. Banco origami em BLaC –TCC- Paula Kimpara 2008.....	169
Figura 72. Chaise 4 estações em BLaC – TCC – Bruno Perazelli 2010.....	170
Figura 73. Tábua de frios e aparador em BLaC - Grupo de alunos Taquara.....	170
Figura 74. Mesinhas em BLaC - Grupo de alunos Taquara.....	171
Figura 75. Mesa baixa em BLaC – Grupo de alunos Taquara.....	171
Figura 76. Bandeja e cubo vazado em BLaC – Grupo de alunos Taquara.....	171
Figura 77. Cama em BLaC – Grupo de alunos Taquara.....	172
Figura 78. Molde de tamanco e utensílios – Grupo de alunos Taquara.....	172
Figura 79. Porta CD e porta gurdanapo – Grupo de alunos Taquara.....	172
Figura 80. Produtos ortopédicos em BLaC – Projeto Unesp x Inter-águas.....	173
Figura 81. Cadeira de ripas laminadas e em BLaC – Mariana Lourenço bolsista PIBIT...	174
Figura 82. Relógios de mesa em BLaC – Sabrina Antunes bolsista IC-CNPQ.....	174
Figura 83. Banqueta de bar e mesa de centro – Bruno Perazelli bolsista DTI-CNPQ.....	175
Figura 84. Placas de revestimento em BLaC – Camila Gondo bolsista IC-CNPQ.....	175
Figura 85. Mesa japonesa em BLaC – Camila Gondo e Ronni Guiotoko bolsista Unisol.	175
Figura 86. Cabo de ferramenta e piso em BLaC – Projetos diversos.....	176
Figura 87. Vigota e taco em BLaC – Projetos diversos.....	176
Figura 88. Primeira mostra do Projeto Bambu 2009.....	176
Figura 89. Segunda mostra do Projeto Bambu 2010.....	177

Figura 90. Terceira mostra do Projeto Bambu 2011.....	177
Figura 91. Palestra de sensibilização inicial na comunidade.....	180
Figura 92. Capacitação em manejo e colheita	180
Figura 93. Capacitação em produção de mudas.....	181
Figura 94. Capacitação no processamento	181
Figura 95. Capacitação na confecção de produtos artesanais.....	181
Figura 96. Capacitação na confecção de produtos artesanais diversos.....	182
Figura 97. Geração de renda em feiras.....	182
Figura 98. Geração de renda em exposições.....	182
Figura 99. Capacitação no tratamento de colmos.....	183
Figura 100. Capacitação na construção - quiosque.....	183
Figura 101. Capacitação na construção – estrutura leve.....	183
Figura 102. Produtos confeccionados - Porta copo e porta canudo.....	184
Figura 103. Produtos confeccionados - Porta vinho e copos.....	184
Figura 104. Produtos confeccionados – Espátula patê e colher de açúcar.....	184
Figura 105. Produtos confeccionados – Petisqueiras.....	185
Figura 106. Produtos confeccionados – Talheres e pegador.....	185
Figura 107. Produtos confeccionados – Kit caipirinha e socador.....	185
Figura 108. Produtos confeccionados – Fruteira e porta cerveja.....	186
Figura 109. Produtos confeccionados – Tábua de frios e martelo de carne.....	186
Figura 110. Produtos confeccionados – Massageador para os pés e porta mel.....	186
Figura 111. Produtos confeccionados – Brincos e chaveiro.....	187
Figura 112. Produtos confeccionados – Revisteiros.....	187
Figura 113. Produtos confeccionados – Vasos.....	187
Figura 114. Produtos confeccionados – Luminárias.....	188
Figura 115. Produtos confeccionados – Banqueta e relógio.....	188
Figura 116. Plantação de mudas pela comunidade.....	189
Figura 117. Construção de galpão/oficina pela comunidade.....	189
Figura 118. Galpão/oficina construído.....	190

LISTA DE TABELAS

	página
1 – REVISÃO DA LITERATURA	
Tabela 1 Elementos anatômicos de 2 espécies de bambu.....	24
Tabela 2 Valores do coeficiente K.....	36
Tabela 3 Relação entre a idade e a densidade de bambus das espécies.....	37
Tabela 4 Densidade e retração do bambu.....	38
Tabela 5 Propriedades físicas de bambus.....	39
Tabela 6 Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais.....	42
Tabela 7 Resistência de bambus em flexão.....	46
Tabela 8 Características físicas e mecânicas de algumas espécies de bambu.....	46
Tabela 9 Propriedades mecânicas da espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i>	46
Tabela 10 Resistência a tração e módulo de elasticidade.....	47
Tabela 11 Resistência mecânica com e sem a presença de nós.....	47
Tabela 12 Propriedades mecânicas da espécie <i>Phyllostachys pubescens</i>	48
Tabela 13 Resistência mecânica parte baixa do colmo (basal).....	48
Tabela 14 Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado e serrado.....	49
Tabela 15 Dimensões médias de colmos de bambu gigante.....	50
Tabela 16 Resistência mecânica de algumas espécies de bambu.....	51
Tabela 17 Espécies prioritárias de bambu.....	53
2 – MATERIAL E MÉTODOS	
Tabela 1 Critérios e espécies prioritárias de bambu.....	59
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	
Tabela 1 Espécies introduzidas na Unesp de Bauru.....	86
Tabela 2 Dados dos colmos da Moita 1 – (colmos B - ano 2000).....	93
Tabela 3 Dados de produção, altura (H), diâmetro (DAP) e biomassa de colmos de 23 moitas nascidos no ano 2000 (colmos B).....	94

Tabela 4	Dados de produção, altura (H), diâmetro (DAP) e biomassa de colmos de 23 moitas nascidos no ano 2001 (colmos C).....	94.
Tabela 5	Dados de produção, altura (H), diâmetro (DAP) e biomassa de colmos de 23 moitas nascidos no ano 2002 (colmos D).....	95.
Tabela 6	Dados de produção, diâmetro (DAP) , altura (H) e biomassa de 23 moitas.....	96
Tabela 7	Dados da Moita 1 – Colmos ano 2003 (letra E).....	97
Tabela 8	Resumo de dados de manejo/inventário de colmos nascidos ano 2003.....	97
Tabela 9	Resumo de dados de manejo/inventário de colmos nascidos entre 1998 e 2011..	98
Tabela 10	Resumo de dados manejo/inventário de colmos nascidos entre 2005 a 2011....	101
Tabela 11	Dados dos dois colmos da moita 20, sorteados para a confecção de ripas	104
Tabela 12	Massa específica aparente – ripas de bambu sem nó	111
Tabela 13	Massa específica aparente – ripas de bambu com nó.....	112
Tabela 14	Valores médios da massa específica aparente em ripas de bambu.....	113
Tabela 15	Absorção de água em ripas de bambu sem nó e com nó.....	116
Tabela 16	Valores médios da absorção de água em ripas de bambu	117
Tabela 17	Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região A sem nó.....	119
Tabela 18	Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região B sem nó.....	119
Tabela 19	Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região C sem nó.....	120.
Tabela 20	Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região A com nó.....	120
Tabela 21	Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região B com nó.....	121
Tabela 22	Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região C com nó	121
Tabela 23	Valores médios de estabilidade dimensional em ripas de bambu.....	123
Tabela 24	Valores da resistência (f_{c0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) no ensaio de compressão paralela do material simples (ripas) sem nó.....	127
Tabela 25	Valores da resistência (f_{c0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) no ensaio de compressão paralela do material simples (ripas) com nó.....	127
Tabela 26	Valores médios das características de resistência (f_{c0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) obtidos no ensaio de compressão paralela.....	128
Tabela 27	Valores da resistência (f_{f0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{f0}) obtidos no ensaio flexão do material simples – ripas sem nó.....	131

Tabela 28 Valores da resistência (f_{t0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio flexão do material simples – ripas com nó.....	132
Tabela 29 Valores médios das características de resistência (f_{t0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio de flexão.....	133
Tabela 30 Valores da resistência (f_{t0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio tração do material simples – ripas sem nó.....	136
Tabela 31 Valores da resistência (f_{t0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio tração do material simples – ripas com nó.....	137
Tabela 32 Valores médios das características de resistência (f_{t0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio de tração.....	138
Tabela 33 Características mecânicas do material simples (ripas) e massa específica considerando o colmo inteiro (regiões A, B e C)	141
Tabela 34 Características físicas e mecânicas das ripas sem e com a presença de nós	144
Tabela 34-A Massa específica aparente do bambu laminado colado.....	146
Tabela 35 Compressão paralela em bambu laminado colado.....	149
Tabela 36 Flexão estática em bambu laminado colado	152
Tabela 37 Tração em bambu laminado colado.....	155
Tabela 38 Valores médios das características mecânicas do bambu laminado colado.....	157
Tabela 39 Resumo das características do BLaC e do material simples (ripas).....	159
Tabela 40 Tração normal na lâmina de cola – Adesivos cascorez 2590 e waterbond.....	162
Tabela 41 Cisalhamento na lâmina de cola – Adesivos Cascorez 2590 e Waterbond.....	164

1. RESUMO

Este trabalho intitulado “PROJETO BAMBU: INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES, MANEJO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES” faz parte das exigências relativas a obtenção do título de Livre Docente na Universidade Estadual Paulista-Unesp. O projeto foi iniciado em 1994 com a introdução de espécies de bambu no campus local da Unesp visando o fornecimento de matéria prima para estudos.

Num processo contínuo, o projeto vem se desenvolvendo tecnicamente por meio de várias atividades ligadas à cadeia produtiva desta planta, envolvendo o acompanhamento do desenvolvimento das espécies, seu manejo, colheita, produção de mudas, tratamento, secagem, processamento, caracterização e aplicações.

Estabelecido na Faculdade de Engenharia, o projeto naturalmente se aproximou das áreas de Design e Arquitetura, sendo estabelecida uma relação com estes cursos nos níveis de graduação e pós-graduação, com a participação e formação de alunos. Com aspecto multidisciplinar o projeto também procurou atuar na extensão universitária e na inserção social procurando transferir os conhecimentos adquiridos para a sociedade.

Justifico a extensão do trabalho e o grande número de tabelas (deslocadas para os Anexos) e figuras mostrados pois na verdade o projeto procura mostrar a atuação em várias atividades: plantio de espécies, produção, manejo e acompanhamento do desenvolvimento, caracterização, processamento e desenvolvimento de produtos e aplicações, relação com alunos de graduação, pós-graduação e atividades de extensão.

Relativamente ao trabalho de campo, foram introduzidas diversas espécies de bambu, sendo mostrados os dados de desenvolvimento, manejo e produção para duas delas,

as espécies *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia*, ambas prioritárias, de fácil cultivo e produção de mudas e largamente utilizadas.

Relativamente ao trabalho de laboratório, os colmos foram processados para a obtenção do material simples, os quais foram protegidos contra o ataque de insetos e armazenados para secagem natural ao ar, até alcançar a umidade de equilíbrio. Foram então confeccionados os corpos de prova para ensaio do material simples (ripas laminadas) e para ensaio do material composto, denominado bambu laminado colado (BLaC). Para o material simples foram efetuados ensaios físicos (massa específica aparente, absorção de água e estabilidade dimensional) e mecânicos (compressão, flexão e tração). Para o material composto (BLaC) foram determinadas a massa específica aparente e efetuados, ensaios mecânicos de compressão, flexão e tração, além de ensaios de resistência com os adesivos utilizados.

Relativamente ao desenvolvimento do projeto, houve uma excelente interação com os cursos de Design e Arquitetura, nos níveis de graduação e pós-graduação que tem propiciado um trabalho de participação e formação de alunos, especialmente voltados ao desenvolvimento de produtos e aplicações.

Relativamente à extensão e inserção social foi iniciado em 2009 um projeto de capacitação e transferência junto à comunidade do Assentamento Rural Horto de Aimorés, que está resultando na implantação do Projeto Bambu, seu desenvolvimento e geração de renda locais.

2. INTRODUÇÃO

Com o crescente desmatamento e pressão sobre as florestas tropicais, bem como sobre as áreas de reflorestamento, torna-se cada vez mais necessária a busca por materiais renováveis e soluções alternativas capazes de atenuar em parte este processo. A cultura do bambu, embora seja milenar, tem sua utilização e pesquisa, em sua maioria, restritos aos países orientais, sendo que ultimamente no Ocidente, uma maior atenção vem sendo dedicada a esta cultura.

O bambu é uma cultura predominantemente tropical, renovável, perene, de produção anual, de rápido crescimento, com centenas de espécies espalhadas por todo o planeta e com milhares de aplicações. Considerado um rápido sequestrador de carbono atmosférico possui, ainda, características físicas e mecânicas que o tornam apto a ser utilizado no desenvolvimento de produtos normalmente produzidos com madeira nativa ou de reflorestamento.

Produtos artesanais ou processados à base de bambu são hoje facilmente encontrados no mercado, especialmente produtos de origem asiática, tendo como grande expoente e exportador a China.

Produtos à base de bambu laminado tais como pisos, painéis e compensados, cabos para ferramentas manuais ou agrícolas, móveis e componentes da indústria moveleira, construções e componentes da construção civil, entre outros, podem agregar muito valor a esta matéria prima e são possíveis de serem explorados através de toda uma cadeia de processamento do colmo

Embora não se pense no bambu como uma solução exclusiva para os problemas relacionados ao meio ambiente e/ou à diminuição acentuada dos recursos florestais, o bambu pode ser considerado e estudado como uma alternativa ou um material alternativo e

de baixo custo a ser explorado. A exploração da cultura do bambu e sua cadeia produtiva podem beneficiar o meio ambiente e gerar renda e emprego, contribuindo para fixar o homem ao campo. Em termos de produção pode servir a uma ampla gama de negócios, desde o pequeno artesanato local, até grandes empreendimentos.

A cultura do bambu é condizente com preceitos de sustentabilidade, já que por ser uma planta perene, de rápido crescimento e produção anual de colmos, pode ser rapidamente implementada e explorada no campo e, se adequadamente manejado, pode ser utilizado geração após geração por longos períodos de tempo num mesmo local.

Muito embora existam milhares de espécies de bambu espalhadas pelo mundo e o Brasil possua centenas de espécies nativas, o uso e o conhecimento básico de suas características e aplicações permanece pouco conhecido e difundido entre os ocidentais. A necessidade de estudos básicos desde a introdução, plantio e manejo de espécies nativas e/ou exóticas, até a determinação de suas características físicas e mecânicas, bem como suas inúmeras possibilidades de uso, necessitam ser investigadas.

Dados de campo relativos à implantação de espécies, seu desenvolvimento, manejo, produção de colmos e produtividade são essenciais para o acompanhamento da adaptação e desenvolvimento e podem assim justificar a implantação e exploração futura desta cultura.

Dados de laboratório, referentes à determinação das características físicas e de resistência mecânica, são importantes para a avaliação da qualidade do material e seu potencial tecnológico. Pesquisas com o material na forma de laminados ainda são incipientes no Brasil, sendo seu estudo bastante recente até mesmo em termos mundiais.

Aplicações envolvendo o desenvolvimento de produtos de bambu in natura e processados são fundamentais para divulgação de seu potencial e para a viabilidade técnica de sua utilização.

Como são escassos os dados sobre introdução de espécies, manejo, desenvolvimento de moitas, produção de colmos e produtividade no Brasil, bem como sobre as características físicas e de resistência mecânica do bambu laminado, torna-se essencial a determinação destas características visando sua aplicação prática no desenvolvimento e na confecção de produtos e para uma possível contribuição no desenvolvimento de uma proposta de normalização de ensaios de resistência para o bambu laminado.

3. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho estão divididos em três etapas:

1 – Introdução de espécies e manejo de campo: Plantio e acompanhamento do desenvolvimento, adaptação e produção de colmos de moitas de bambu de espécies prioritárias cultivadas localmente, assim como fornecimento de colmos necessários aos estudos

2 – Laboratório: Determinação das características físicas e de resistência mecânica de colmos de bambu de espécies prioritárias, na forma processada como material simples (ripas ou lâminas) e como material composto (bambu laminado colado – BLaC).

3 – Ações para desenvolvimento, divulgação, produtos e inserção social:

- Promover a divulgação, ampliação e conhecimento do Projeto Bambu e da cultura do bambu em geral.

- Promover o desenvolvimento de produtos com bambu in natura e com bambu laminado colado (BLaC).

- Promover interação com cursos de graduação e pós-graduação em Design e Arquitetura da Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação-FAAC/Unesp/Bauru.

- Promover atividades de extensão com a comunidade buscando a inserção social.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 O BAMBU

4.1.1 HISTÓRICO

Segundo Mitford apud Hidalgo-López (1974), a história do bambu remonta ao começo da civilização na Ásia, sendo aceito que o bambu teve sua origem no Cretáceo, um pouco antes do início da era Terciária, quando surgiu o homem. A origem da palavra bambu permanece um mistério para os etimologistas, assim como são suas diferentes espécies, um enigma para os botânicos. Na China, homem e bambu estão unidos desde os tempos pré-históricos como pode ser notado pelo fato de que um dos primeiros radicais ou elementos da ideologia chinesa que existiu, foi um desenho de bambu constituído por dois talos com folhas e ramos e que se denomina CHU, sendo a utilização do bambu reconhecida desde os anos 1600 a 1100 a.C, conforme os mais antigos caracteres chineses.

Greco & Cromberg (2010) comentaram que o termo bambu foi originalmente introduzido pelo naturalista sueco Carlos Lineo (1707-1778), que a partir do idioma híndi (Índia) adotou a terminologia mambu ou bambu. Acredita-se ainda que a palavra bambu esteja ligada ao som provocado pelo estouro dos colmos submetidos ao fogo: bam-boo.

No português do Brasil são descritos 34 diferentes nomes populares para o bambu, como por exemplo, taquara, taboca, taquaruçu, taquari, entre outros, todos originados do tupi-guarani e que no seu mero significado revelam diversas informações sobre esta planta (FILGUEIRAS & SANTOS-GONÇALVES, 2007).

O bambu é uma planta ancestral e de crescente importância para a humanidade, conhecido como “a madeira dos pobres”, na Índia, “o amigo das pessoas”, na China, e “o irmão”, no Vietnã; no Ocidente ele é bem menos conhecido, sendo geralmente associado a

obras de menor importância. Como parte da história ocidental, sabe-se que o primeiro filamento utilizado em uma lâmpada por Thomas Edson foi de bambu e que na construção de um dos primeiros aviões, o modelo Demoiselle, Santos Dumont utilizou colmos de bambu (PEREIRA & BERALDO, 2008).

Hidalgo-López (2003) comentou que o imponente monumento indiano Taj Mahal, com sua cúpula baseada em estrutura de bambu, foi a fonte de inspiração de toda uma linha de construção no Ocidente e que atualmente tem-se revivido vários antigos usos que se faziam com o bambu, como aplicações em medicina, farmácia, química e em outros campos industriais.

De acordo com Yang & Hui (2010), o bambu desenvolveu um papel muito importante na cultura e na ideologia chinesa, tendo uma ligação muito estreita com as pessoas, o que pode ser observado na poesia, escrita e pintura. Neste sentido consideram que a China merece a consideração de o país da “Civilização do Bambu”. Consideram ainda que o país foi o primeiro a pesquisar formalmente sobre seu cultivo e utilização.

A China utiliza a polpa do bambu para produzir papel há mais de 1700 anos (RAO, 1992), possuindo atualmente uma área cultivada com bambu de 7 milhões de hectares (CNBRC, 2001) representando aproximadamente 32% dos 25 milhões de hectares de bambu plantados em todo o mundo (SASTRY, 1999).

Depois dos anos 1930, o bambu começou a ser utilizado de forma industrializada. Desde 1970, o governo chinês tem dado maior atenção às pesquisas relativas à proteção, melhoramentos genéticos, e processamento de painéis à base de bambu. Cooperativas Internacionais como a International Canadian Research & Development (IDRC), United Nations Development Program (UNDP), também deram início e apoio a projetos

relacionados com bambu, os quais, hoje, se encontram em alto nível de desenvolvimento (CNBRC, 2001).

No Brasil, a empresa Itapagé S. A – Celulose, Papéis e Artefatos, fundada em 1974 no estado do Maranhão, às margens do Rio Parnaíba, possui mais de 40.000 hectares destinados à cultura de bambu, que é suporte florestal para a produção de celulose de fibra longa e de alta resistência, ideal para a fabricação de papel Kraft (ITAPAGÉ, 2002).

4.1.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente, poucos duvidam que os problemas ecológicos vão condicionar cada vez mais o desenvolvimento, os 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 tem-se convertido em uma prioridade mundial neste início de século (SALEME & VIRUEL , 1995).

Historicamente, o bambu tem acompanhado o ser humano fornecendo alimento, abrigo, ferramentas, utensílios e uma infinidade de outros itens. Atualmente, estima-se que contribua para a subsistência de mais de um bilhão de pessoas. Igualmente importante ao lado dos usos tradicionais, tem sido o desenvolvimento de usos industriais do bambu. (SASTRY, 1999).

O bambu é uma planta predominantemente tropical e que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, levando em média de 3 a 6 meses para um broto atingir sua altura máxima de até 40 m em espécies gigantes. Sua admirável vitalidade, grande versatilidade, leveza, resistência, facilidade em ser trabalhado com ferramentas simples, sua formidável beleza ao natural ou processado, são qualidades que tem

proporcionado ao bambu o mais longo e variado papel na evolução da cultura humana do que qualquer outra planta (FARRELY, 1984). O autor sustenta que o bambu se ajusta a ideia de “para todas as pessoas”, ou, “nunca haverá em nosso planeta suficiente flautas de prata para dar a todos, mas facilmente haverá bambu o suficiente para que cada um faça sua própria flauta e toque”.

Jaramillo (1992) comentou ser o bambu o 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.

De acordo com Janssen (2000), as propriedades estruturais do bambu, tomadas pelas relações resistência/massa específica e rigidez/ massa específica, superam as madeiras e o concreto, podendo ser comparadas ao aço.

Pauli (1996/2001) destaca ser o bambu um eficiente fixador de carbono, convertendo-o através da fotossíntese em celulose, hemicelulose e lignina, com crescimento e colheitas rápidas, fibras longas e fortes e elevada resistência mecânica com um mínimo de gasto energético tendo ainda, a possibilidade de se poder desenvolver todo um conglomerado industrial ao redor do bambu.

Por se tratar de uma planta predominantemente tropical, perene, renovável e que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantio, o bambu apresenta um grande potencial agrícola. Além de ser um eficiente sequestrador de carbono, apresenta excelentes características físicas, químicas e mecânicas. Pode ser utilizado em reflorestamentos, na recomposição de matas ciliares, e também como um protetor e regenerador ambiental, bem como pode ser empregado em diversas aplicações ao natural ou após sofrer um adequado processamento. Porém o bambu ainda é pouco utilizado, quer seja pelo desconhecimento de suas espécies, de suas características e de suas aplicações, quer seja devido à falta de

pesquisas específicas e à ineficiente divulgação das informações disponíveis. No Brasil, o uso que se faz do bambu, excetuando-se a produção de papel, está restrito a algumas aplicações tradicionais, como artesanato, vara de pescar, fabricação de móveis, e na produção de brotos comestíveis (PEREIRA & BERALDO, 2008).

Nos últimos anos, o bambu como matéria-prima fibrosa de natureza lignocelulósica, vem se valorizando em decorrência de suas grandes possibilidades agronômicas e tecnológicas. Por outro lado, a crescente escassez e valorização das espécies arbóreas (madeiras), têm contribuído para que sejam direcionadas pesquisas visando o uso do bambu em diversas aplicações. Em 1992, a produção nacional de madeiras utilizadas nos setores de celulose e carvão (241 milhões de metros cúbicos), foi menor que o consumo (263,3 milhões de metros cúbicos), de acordo com Dornelles (1992).

De acordo com Zhou (2000), nos últimos 50 anos o ritmo de devastação de florestas foi de 24,9 milhões de ha/ano, ou o equivalente a 47,41 ha/minuto, condição que deve contribuir também para o aumento da área cultivada de bambu no mundo que hoje é de cerca de 22 a 25 milhões de hectares.

Reportagem do jornal Folha de São Paulo (09/08/2002) citou dados da FAO, onde são apresentados para o período de 1990 à 1997 uma velocidade de desmatamento equivalente a 12,17 ha/minuto. Outra reportagem (FOLHA DE SÃO PAULO, 09/09/2002), citando dados fornecidos pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento e dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura, apontou uma queda de 5% na área reflorestada do estado de São Paulo e avaliou como sendo necessária a duplicação do plantio anual de madeira de reflorestamento no país.

O decréscimo da quantidade e qualidade dos recursos florestais tem aumentado o interesse por materiais renováveis e de baixo custo como o bambu, com aplicações

envolvendo painéis compostos de bambu e madeira/bambu, bem como bambu laminado colado, esteiras entrelaçadas, chapas de bambu laminadas, pratos de bambu feitos por molde de pressão, chapa de partículas de bambu, compostos de bambu-epóxi e bambu-polímero. No entanto, para maximizar a utilização do bambu, é necessário que suas propriedades físicas e mecânicas sejam melhores compreendidas (LEE et al., 1994)

O importante centro de pesquisas chinês China Bamboo Research Center (CBRC 2001) destacou que a partir dos anos 1980 tem havido uma intensificação do uso do bambu em diversas áreas industriais, sobressaindo-se a produção de alimentos, a fabricação de papel, além de aplicações em engenharia e na química. Produtos à base de bambu processado (“madeira” de bambu) podem substituir, ou até mesmo evitar, o corte e o uso predatório de florestas tropicais, destacando-se, dentre outros, produtos como carvão, carvão ativado, palitos, chapas de aglomerados, chapas de fibra orientada (OSB), chapas entrelaçadas para uso em fôrmas para concreto (compensado de bambu), painéis, produtos à base de bambu laminado colado (tais como pisos, forros, lambris), esteiras, compósitos, componentes para construção/habitação e indústria moveleira, dentre outros. O mesmo órgão (CBRC, 2010) apontou ser a China o país que mais aproveita o bambu comercialmente, sendo que em 2005 a produção anual chinesa com produtos à base de bambu superou a quantia de US\$ 8 bilhões.

4.2A PLANTA

Botanicamente o bambu está classificado como *Bambusae*, uma tribo da família das *Graminae* (Poaceae). São classificadas como bambus todas as plantas pertencentes à Subfamília *Bambusoideae*. Pelas características de seu colmo o bambu é considerado como sendo uma planta lenhosa, monocotiledônea, pertencente às angiospermas. A subfamília *Bambusoideae* é subdividida em dois grandes grupos: os **bambus herbáceos**, que abrangem as tribos *Olyreae*, *Parianeae*, *Buergersiochloaeae*, *Puelieae* e *Guaduelleae*; e os **bambus lenhosos**, representados pela tribo *Bambuseae* (OHRNBERGER, apud GRECO & CROMBERG, 2010). Tal como as árvores, o bambu acha-se constituído por uma parte aérea e outra subterrânea. A parte aérea (tronco ou caule das árvores) é denominada de colmo no bambu, sendo normalmente oco. A parte subterrânea é constituída de rizoma e raízes (HIDALGO-LÓPEZ, 1974).

4.2.1 COLMO

Segundo Janssen (1988), os colmos do bambu se caracterizam por ter a forma cilíndrica e por apresentar uma sequência de entrenós (internós) ocos separados transversalmente uns dos outros por diafragmas que aparecem externamente como nós, de onde saem ramos e folhas. Estes diafragmas é que fornecem maior rigidez, flexibilidade e resistência aos colmos. Na Figura 1, acha-se representada uma seção de colmo com suas partes e denominações.

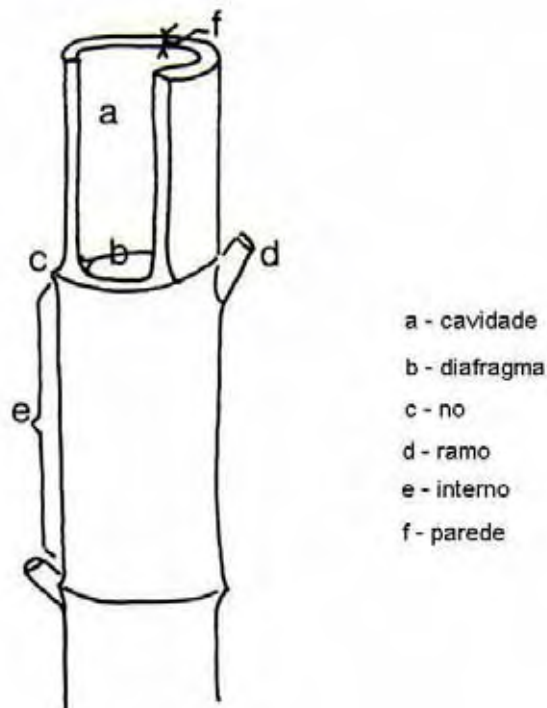


Figura 1 – Seção de um colmo de bambu e suas denominações (JANSSEN, 1988)

O colmo do bambu já nasce com seu diâmetro definitivo. Este diâmetro é maior perto da base e vai diminuindo com a altura em direção à ponta, mas nunca aumenta com o passar dos anos, já que o bambu não apresenta crescimento radial como as madeiras. Liese (1985) comentou que o comprimento dos internós aumenta da base até o meio do colmo, diminuindo daí em direção ao topo, tendo em média um comprimento de 20 a 35 cm na maioria das espécies. Para uma mesma espécie o diâmetro dos colmos é função da idade da moita e das condições locais, atingindo o máximo da espécie por volta do quarto ou quinto ano após o plantio. O diâmetro médio dos colmos de uma dada espécie é também influenciado pelo meio ambiente, principalmente pelo solo e clima.

O colmo do bambu de qualquer espécie completa seu crescimento poucos meses após o surgimento do broto, alcançando sua altura máxima em um mínimo de 30 dias para as espécies de menor porte e num máximo de 180 dias para as espécies gigantes. Os colmos

brotam anualmente, geralmente na estação das chuvas e estes brotos se alongam continuamente de 20 cm até 1 m diários, dependendo da espécie. Normalmente os colmos das espécies alastrantes crescem mais rapidamente do que aqueles das espécies que formam moitas, sendo que os colmos destas crescem preferencialmente durante a noite enquanto que os daquelas o fazem durante o dia. Após este período inicial de crescimento o colmo começa o processo de amadurecimento que dura até cerca de três anos, quando suas propriedades de resistência mecânica estão desenvolvidas.

4.2.2 RIZOMA

O rizoma exerce um papel fundamental no desenvolvimento do bambu, não só como um armazenador de nutrientes para posterior distribuição, mas também como órgão responsável pela propagação do bambu. O crescimento de novos colmos é totalmente dependente da nutrição fornecida pelo rizoma e pelos colmos mais velhos. O nascimento de novos colmos anualmente se efetua assexuadamente por ramificação destes rizomas. Esta ramificação ocorre de duas maneiras distintas, dando origem aos dois principais grupos de bambu: o grupo do tipo moita, onde os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros e o grupo de bambu do tipo alastrante, onde os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros.

4.2.2.1 Tipo leptomorfo ou alastrante

Também conhecido como grupo monopodial, os bambus deste grupo são resistentes às baixas temperaturas, motivo pelo qual se encontram mais em zonas temperadas. Seus rizomas são longos, delgados e de formato cilíndrico. São tipicamente ocós 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 m por ano formando uma teia que pode atingir entre 50 a 100 mil m lineares por hectare. Este tipo de bambu apresenta ramos e folhas nas partes altas do colmo mesmo antes que este atinja sua altura final. O período de brotação dos colmos ocorre no início de uma estação chuvosa. A Figura 2 mostra o sistema de rizoma leptomorfo ou alastrante (LIESE, 1985)

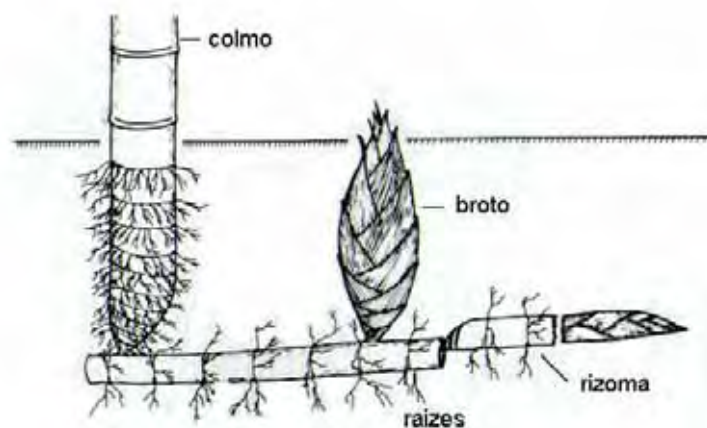


Figura 2. Rizoma do tipo leptomorfo ou alastrante. Adaptado de (LIESE, 1985).

As espécies de bambu representantes deste grupo alastrante pertencem principalmente aos gêneros *Arundinaria* e *Phyllostachys*.

4.2.2.2 Tipo paquimorfo, entouceirante ou moita.

Também conhecido como grupo simpodial, os bambus deste grupo estão largamente distribuídos nas regiões quentes e tropicais, englobando a maioria das espécies tropicais;

em consequência, 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 do que o colmo anterior que os 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. No ano seguinte 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, o que, sob condições naturais, ocorre sempre no verão ou até outono, mas, via de regra, os novos colmos se formam na estação chuvosa seguinte a uma estação seca. A Figura 3 mostra o sistema de rizoma paquimorfo ou moita.

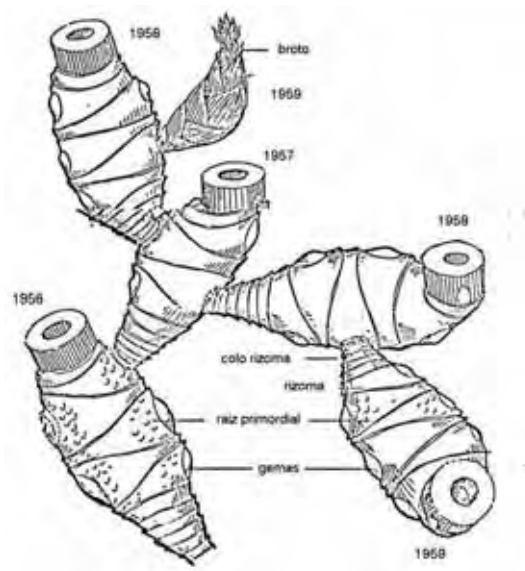


Figura 3. Rizoma do tipo paquimorfo ou moita (HIDALGO-LÓPEZ, 1982).

As espécies de bambu representantes deste grupo pertencem principalmente aos gêneros *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa* e *Melocanna*.

4.3 CONDIÇÕES GERAIS DE CULTIVO, COLHEITA, E MANEJO

Hidalgo-López (1982) comentou que os bambus se distribuem naturalmente entre as latitudes 45° 30' Norte e 47° Sul, desde os trópicos até as regiões temperadas. São encontrados desde o nível do mar até às elevações alpinas, como algumas espécies do gênero *Arundinaria* que se encontram na Índia a 3000 m de altitude, porém, a maioria ocorre em áreas quentes e com chuvas abundantes da Ásia tropical e sub-tropical, América do Sul e África.

As temperaturas altas promovem o crescimento dos bambus enquanto que as baixas o inibem, exceto alguns bambus do gênero *Phyllostachis*, que se desenvolvem bem em climas frios, suportando temperaturas de até -15°C. De uma maneira geral, porém, a maioria das espécies se adapta bem ao clima tropical com bom desenvolvimento entre 8 e 36°C de temperatura.

O bambu se desenvolve bem na maioria dos solos, porém, os solos férteis, soltos e bem drenados, com pH entre 5,0 e 6,5, são os mais adequados para seu desenvolvimento. Solos muito úmidos ou com lençol freático alto podem inibir seu melhor desenvolvimento, enquanto solos salinos não são adequados para seu cultivo. Quanto à necessidade de chuvas, de uma maneira geral, os bambus se desenvolvem bem com precipitações da ordem de 800 ou mais mm anuais.

De acordo com Liese (1985), a idade de um colmo é um pouco difícil de se avaliar. Colmos novos (até 1 ano) não têm ainda folhas e ramos e apresentam uma cor mais

esverdeada, possuem folhas caulinares (brácteas) cobrindo os nós dos colmos, sendo que os internós estão cobertos por uma pelagem cerosa que se desprende ao ser tocada. Estes colmos jovens localizam-se na parte mais externa de uma moita. Colmos mais velhos (entre 1 e 2 anos) possuem folhas, ramos e ramificações, apresentam coloração um pouco amarelada e podem ainda reter algumas brácteas que estarão mais secas e escuras. Estes colmos localizam-se mais para dentro de uma moita. Colmos com idade superior a 3 anos, não apresentam mais brácteas aderidas e costumam apresentar manchas provocadas por fungos, musgos ou líquens nos internós, o que é indicativo de estar o bambu maduro. Estes colmos mais maduros localizam-se mais no interior da moita. O ideal é colocar uma marca a cada ano nos colmos possibilitando a identificação da idade dos mesmos, conforme o número de marcas existentes.

Colmos jovens (1 a 2 anos) são considerados imaturos, com propriedades de resistência diferentes dos maduros (3 ou mais anos), motivo pelo qual devem ser deixados na moita para que completem sua maturação, possibilitando nova brotação. Para uso estrutural ou quando se necessita de maior resistência dos colmos, estes devem ser cortados com no mínimo três anos de idade, devido as suas melhores características de resistência. A maior resistência dos colmos de bambu ocorre entre os 3 e os 7, anos que é seu período de vida útil antes que seque na própria moita.

Segundo Janssen (1988), somente colmos adultos devem ser colhidos, enquanto que colmos jovens devem ser deixados na moita. Acrescenta que, dependendo da espécie e do clima, um colmo estará maduro entre 3 e 5 anos e que, esta idade pode ser controlada pela colocação de marcas anualmente nos colmos.

Numa mesma moita as brotações podem ocorrer durante um período de dois meses, sendo geralmente os primeiros brotos melhores que os tardios, pois desenvolvem colmos maiores e de qualidade superior (AUSTIN et al., 1977).

A colheita deve ser efetuada anualmente, colhendo-se os colmos considerados maduros para utilização, os defeituosos e os que começam a secar na moita. Colmos jovens ou imaturos com propriedades de resistência ainda não plenamente desenvolvidas, não devem ser colhidos e sim deixados na moita onde contribuem para o armazenamento de energia no rizoma. Se uma moita não é explorada anualmente para retirada dos colmos maduros, ela acabará por congestionar devido ao número excessivo de colmos e o seu manejo se tornará extremamente trabalhoso e difícil. Por outro lado, não se deve cortar colmos em excesso sob o risco de enfraquecer a moita e diminuir a sua produtividade (LIESE, 1985).

O corte dos colmos de bambu pode ser feito com moto serra, machado, serrote ou ainda com um facão. Deve ser efetivado rente ao solo para as espécies alastrantes, pois, seu rizoma encontra-se protegido abaixo do solo, enquanto que para as espécies que formam moitas deve ser feito a uns 20 cm acima do solo e logo acima de um nó, para se evitar a entrada de água e o apodrecimento da parte do colmo que ficou na moita, como ilustrado pela Figura 4.

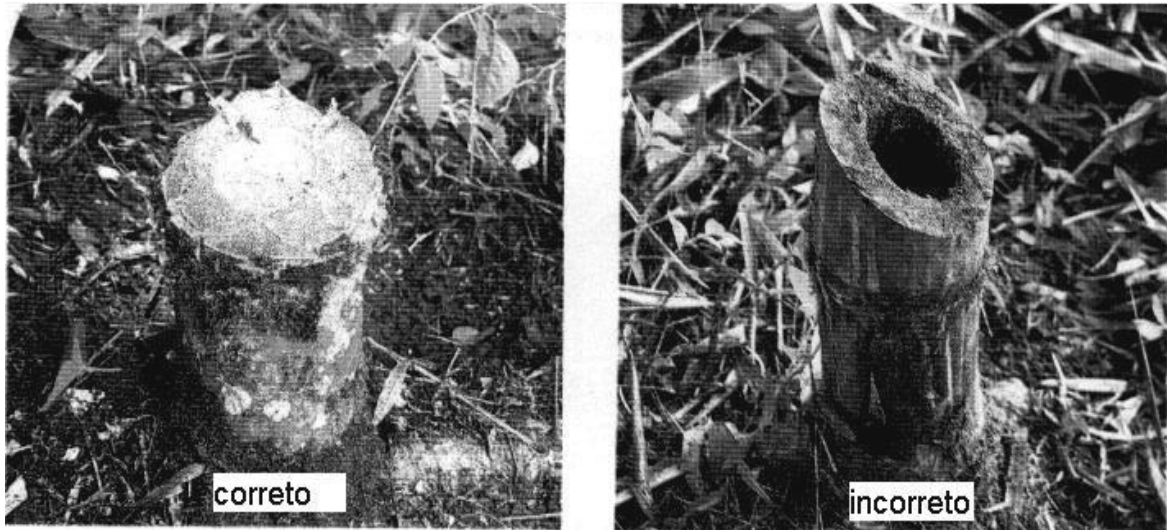


Figura 4. Corte correto e incorreto de colmo tipo paquimorfo ou moita (VARGAS, 1991)

Dependendo da idade do colmo ele pode ter diferentes aproveitamentos, desde o uso como broto comestível, quando o colmo possui apenas algumas semanas de vida, até usos estruturais, quando o colmo possui três ou mais anos. A vida útil de um colmo de bambu é de, aproximadamente, 10 a 12 anos, quando então começa a secar na moita e diminuir suas propriedades de resistência.

O estabelecimento de uma plantação leva em média de 5 a 7 anos, dependendo das condições locais, quando a moita atinge as dimensões características da espécie, como diâmetro, espessura da parede e altura do colmo (KUSAK, 1999). Uma moita contém sempre certa quantidade de colmos de diversas idades, denominados Brotos (1 ano), Jovens (1-3 anos), e Maduros (>3 anos), sendo em média formados 10 novos colmos anualmente, não havendo, ainda, concordância geral sobre produtividade (LIESE, 1985).

De acordo com Liese (1985), nenhum corte deve ser feito durante a estação de crescimento dos colmos (época das chuvas) devido ao risco de se danificarem os brotos que estão em crescimento. A estação seca deve ser a preferida para o corte, pois, os colmos possuem menor quantidade de umidade (água), o que os tornam mais leves, facilitando o

transporte. Na época seca os colmos possuem também menor quantidade de seiva circulando tornando-os menos atrativos ao ataque de fungos e insetos. Por outro lado, na estação seca os colmos tendem a secar mais rapidamente, facilitando a ocorrência de defeitos.

Os dados a respeito da produtividade média do bambu são muito variáveis pois dependem da região geográfica, da espécie considerada e do espaçamento de plantio, das condições edafo-climáticas locais e dos tratos culturais efetuados. Tais valores podem ser de 20 t/ha (UEDA, 1981), ou entre 20 t/ha e 30 t/ha (ONU, 1972). No Brasil, os valores observados para a espécie *Bambusa vulgaris* seriam da ordem de 10 t/ha (GOMIDE et al., 1988), ou ainda 50 a 60 t/ha para a espécie *Dendrocalamus giganteus* em desenvolvimento na Unesp de Bauru-SP (PEREIRA & BERALDO, 2008). Hidalgo-López (1974) apresentou dados da ordem de 31 t/ha para a espécie *Guadua angustifolia* ("Guadua") obtidos na Colômbia.

Liese (1985) forneceu os seguintes valores gerais de densidade de colmos existente para algumas espécies de bambu, como: *Phyllostachys edulis* (bambu tipo alastrante - China), 4.000 a 8.000 colmos/ha; *Melocana bambusoides* (alastrante - Índia), 4.500 colmos/ha; *Phyllostachys nigra* (alastrante - Korea), 2.000 colmos/ha; *Thyrsostachis siamensis* (bambu tipo moita - Tailândia), com 10.000 colmos para 200 a 300 moitas; *Bambusa arundinacea* (moita - Tailândia), com 5.000 a 8.000 colmos e *Dendrocalamus strictus* (moita - Índia) com 600 a 3.200 colmos para 60 a 120 moitas/ha.

Em estudo de desenvolvimento com a espécie *Dendrocalamus giganteus* cultivada na Unesp de Bauru-SP, foi observado o amadurecimento ou estabilização das moitas, em termos das dimensões DAP e altura dos colmos, após 7 anos de plantio, e após 12 anos foi observado uma produtividade média entre 8 e 9 colmos por moita, no espaçamento 8 m x 8

m o que equivale a cerca de 1250 a 1500 colmos por hectare (PEREIRA & BERALDO, 2008). No México, em trabalho de desenvolvimento com a espécie *Guadua angustifolia* no espaçamento 5 m x 5 m (400 moitas/ha), observou-se amadurecimento das moitas em termos de diâmetro comerciais dos colmos a partir do sétimo ano de plantio (CRUZ RIOS, 2009).

4.4 ANATOMIA GERAL DO COLMO

Segundo Liese (1985; 1998), as propriedades de um colmo são determinadas por sua estrutura anatômica. Nos internós as células são axialmente orientadas, enquanto que nos nós aparecem interconexões transversais entre as mesmas.

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

Nos internós as células são orientadas axialmente, o que dificulta o movimento lateral de seiva e dos nutrientes. Os nós, durante o crescimento do colmo, formam os diafragmas através de interconexões transversais dos feixes vasculares com as paredes dos internós, o que possibilita o transporte necessário de água e nutrientes. Essa característica é de grande importância para a movimentação de líquidos durante os processo de secagem e preservação (LIESE, 1998).

O tecido de um colmo é composto pelas células de parênquima, pelos feixes vasculares e pelas fibras. O colmo, de um modo geral, compreende cerca de 50% de parênquima, 40% de fibra e 10% de tecidos condutores. A Tabela 1 apresenta a distribuição

dos elementos anatômicos para duas espécies de bambu (BERALDO & ZOULALIAN, 1995.).

Tabela 1 – Distribuição dos elementos anatômicos de duas espécies de bambu.

Parte do Colmo	<i>Dendrocalamus giganteus</i>			<i>Phyllostachys viridis</i>		
	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

As fibras contribuem com 60 a 70% do peso do tecido total do colmo. Quanto ao comprimento das fibras existem diferenças consideráveis entre as espécies (LIESE, 1998). Determinadas espécies de bambu possuem fibras mais curtas, como o bambu Mosô, *Phyllostachys pubescens* (1,3 mm). Outras têm fibras mais longas tal como o bambu gigante, *Dendrocalamus giganteus* (3,2 mm) e o *Bambusa vulgaris*, cujo comprimento das fibras pode variar entre 3,0 mm e 3,5 mm (TOMAZELLO FILHO; AZZINI, 1988).

WANG et al (1990) apresentaram trabalho com nove espécies de bambus onde foram determinados as porcentagens de parênquima, fibras e vasos, sendo obtidos respectivamente os valores 51 a 58%; 29,7 a 35,7% e 11,3 a 16,5% respectivamente, exceto para o bambu colombiano *Guadua angustifolia*, que apresentou os valores 77%; 9% e 14%, respectivamente.

Os feixes vasculares 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. Dentro da parede o número total de feixes diminui da base para o topo, porém sua densidade aumenta. As fibras constituem o tecido esclerenquimático e são as principais

responsáveis pela resistência dos colmos. Elas ocorrem nos internós como cobertura dos feixes vasculares, constituindo de 40 a 50% do tecido total do colmo e de 60 a 70% do seu peso. Seu comprimento geralmente aumenta da periferia para o centro do colmo e depois diminui até a parte interna, estando as menores fibras sempre perto dos nós e as mais longas no meio dos internós (LIESE, 1998).

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

A Figura 5 mostra uma seção transversal do colmo, podendo-se notar que na região próxima à casca (parte externa) a quantidade de vasos condutores é maior, bem como sua camada de cobertura de fibra é bem mais densa do que nas camadas central e interna da parede do colmo (GHAVAMI & SOLORZANO, 1994).

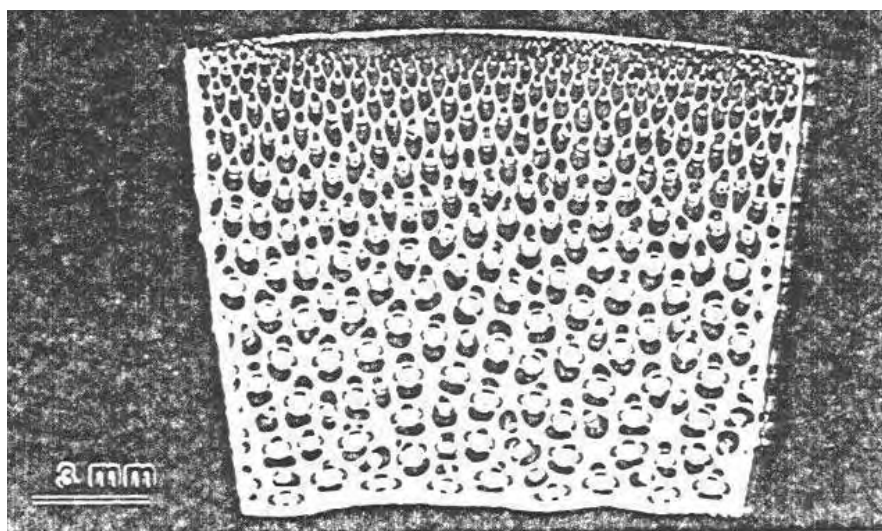


Figura 5 – Seção transversal de um colmo

Liese & Ding (1991), em trabalho com as espécies *Phyllostachys pubescens* (leptomorfo) e *Bambusa textilis* (paquimorfo), comentaram que o nível de fibras encontrado nos nós é consideravelmente menor do que dentro dos internós, sendo ainda menor no

diafragma. As fibras mais curtas foram encontradas sempre nos diafragmas, independentemente da altura, quer seja no meio ou topo do colmo. Acrescentaram ainda que nos nós as fibras são mais curtas, espessas e forquilhadas, a elasticidade é reduzida nesta parte nodal, de modo que os colmos de bambu sob tração frequentemente quebram-se nos nós.

O tecido básico do bambu é denominado parênquima e representa 40% a 60% na sua composição. Esse tecido, embora envolva e abrigue fibras, vasos e condutores de seiva, não é distribuído igualmente, ou seja, 60% se encontram na parte basal e 40% na parte apical. Também é maior sua proporção na camada interna e sua função é estocar nutrientes e água. A umidade contida no parênquima decresce gradualmente ano após ano, e as paredes de suas células se tornam mais grossas e os espaços intracelulares menores com a idade do colmo. Os vasos condutores constituem os principais vazios no tecido e, portanto, pontos fracos de resistência mecânica (CNBRC, 2001).

4.5 ANATOMIA GERAL DO NÓ

Segundo Liese (1998), apenas recentemente a estrutura do nó de ambos os tipos de bambus, monopodial e simpodial, foi descrita em detalhes. Morfologicamente, o nó do colmo do bambu é constituído pela cicatriz deixada pela bainha, aresta nodal, diafragma e o espaço entre os dois primeiros (cicatriz da bainha e aresta nodal), denominado intranó, como pode ser observado na Figura 6.



Figura 6 – Ilustração da morfologia do nó (LIESE, 1998).

Quando a bainha cai, uma cicatriz em toda circunferência permanece proveniente dos terminais dos vasos condutores. A aresta nodal é o resultado da formação das células pelo tecido ainda não formado (meristema), as quais são comprimidas pela parte de cima do broto e, assim, os feixes vasculares se tornam distorcidos, forçando a camada externa para fora dando origem à protuberância (aresta nodal). A morfologia dos nós difere de acordo com a espécie; o intranó varia em comprimento e o diafragma pode ser plano, côncavo ou convexo. A estrutura tridimensional do sistema vascular da região nodal e o esqueleto dos vasos vasculares são apresentados na Figura 7 (LIESE, 1998).

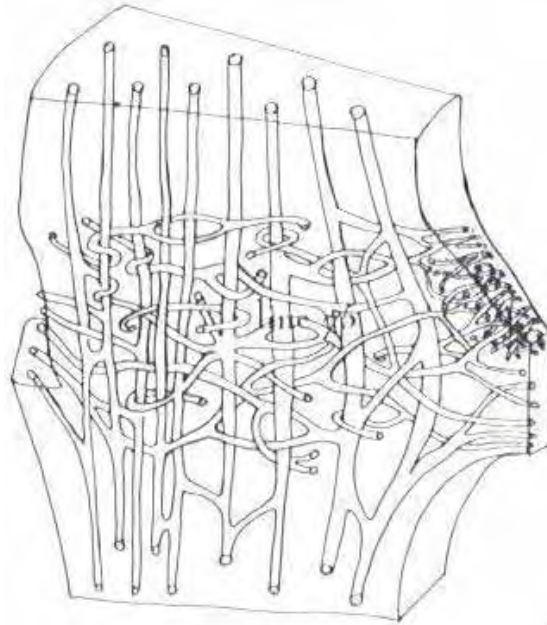


Figura 7 – Distribuição dos feixes vasculares na região nodal (LIESE, 1998).

A maioria dos principais feixes vasculares passa diretamente de um internó para o outro. Na zona periférica dos colmos, eles derivam delicadamente para a parte externa bifurcando-se parcialmente para a bainha. Na zona interna, são conectados com os vasos do diafragma. Na parte superior do nó, onde os vasos são mais largos, ocorre maior transporte de água e de nutrientes. Bifurcações secundárias são responsáveis pela conexão entre a parte periférica e interna do nó.

Na área nodal, vários tipos de células diferem consideravelmente das células do internó. Geralmente são muito mais curtas, pequenas e frequentemente deformadas.

Possuindo fibras pequenas e simultaneamente paredes espessas na região nodal, os colmos de bambu sempre quebram nos nós, quando sob tensão de tração. As fibras e células de parênquima na região nodal sempre contêm grânulos rígidos (LIESE,1998).

Liese (1998) apresenta o comprimento das fibras no internó e no nó, referentes às três partes: basal, intermediária e apical (Figura 8).

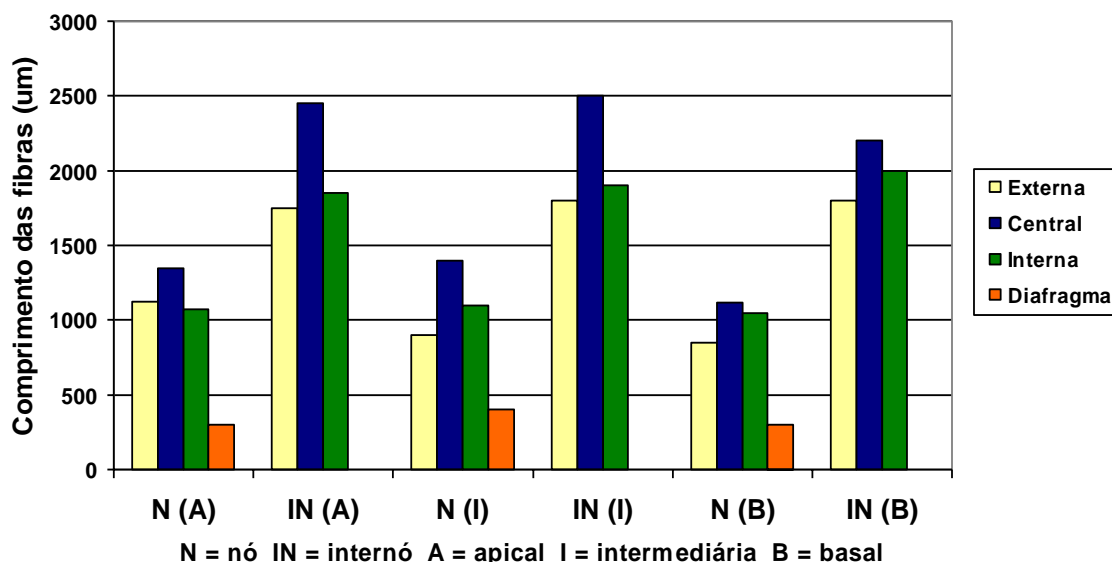


Figura 8 – Comprimento das fibras em função da localização no colmo (LIESE, 1998).

4.6 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

De acordo com Liese (1998), os principais constituintes químicos do colmo do bambu são celulose, hemi-celulose, lignina e, em menores quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos. A composição varia com a espécie, com as condições de crescimento, com a idade e com a parte do colmo. A proporção de lignina e carboidratos varia durante o período de maturação do colmo, mas, após este período de cerca de um ano, a composição química tende a permanecer constante. Os nós contêm menor quantidade de substâncias solúveis, cinza e lignina e mais celulose que os internós. A estação do ano influencia na quantidade de materiais solúveis em água, como o amido, que são mais importantes na estação seca do que na chuvosa. Após a celulose (55%), a lignina (25%) é o mais abundante constituinte do bambu.

O crescimento dos colmos de bambu mostra 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 ela ocorre de dentro para fora, completando-se, porém, em uma estação de crescimento.

4.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

4.7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Segundo Liese (1998), Janssen (2000), Hidalgo-López (2003), o bambu possui excelentes propriedades mecânicas, as quais são influenciadas pelo conteúdo de umidade do colmo, e se correlacionam com a idade e densidade deste, mas dependem principalmente do conteúdo de fibras, principal responsável pela sua resistência. Na condição seca a resistência é maior do que na condição verde, sendo um conceito geral que os bambus estão maduros com cerca de três anos, quando alcançam sua máxima resistência.

Hidalgo-López (2003) comentou que cada espécie de bambu possui características mecânicas, físicas e anatômicas próprias, as quais dependem de fatores ligados às condições ambientais onde crescem, incluindo clima, tipo de solo e sua constituição química, altitude e condições topográficas locais, bem com relação à idade do colmo e às partes do colmo que são estudadas. Dessa forma, comentou ser difícil a extrapolação e utilização de dados obtidos entre diferentes localidades e espécies, também muitas vezes utilizando diferentes metodologias.

O que diferencia o bambu, de imediato, de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade. Dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu possui resistência mecânica estrutural, não havendo, portanto, neste aspecto, nenhum concorrente

no reino vegetal. Somam-se às características favoráveis uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, um baixo peso específico, uma geometria circular oca, otimizada em termos da razão resistência mecânica/peso do material (GHAVAMI, 1989; MOREIRA & GHAVAMI, 1995).

Zhou (1981), citado por Liese (1987), observou que as resistências à compressão e à tração do bambu aumentam até o sexto ano, enquanto que amostras com idade superior a 8 anos apresentam uma resistência mais elevada à flexão. Liese (1987) destacou a importância de se correlacionar a resistência mecânica do bambu com sua anatomia. O módulo de elasticidade (MOE) e a tensão ou módulo de ruptura (MOR) são fortemente correlacionados com o comprimento das fibras. A distribuição dos feixes vasculares de uma forma mais homogênea, por sua vez, favorece o fendilhamento do colmo.

Janssen (2000) comentou que resultados obtidos revelaram que, mesmo para a mesma espécie de bambu, ocorreu uma alta variação na sua resistência, quando comparada ao aço. A alta dispersão de resultados é uma vantagem quando são consideradas cargas dinâmicas, como em terremotos ou ciclones. Esta vantagem pode ser melhor visualizada em curvas de Distribuição Normal de Gauss (*D.N.G.*) para o aço e o bambu, quando se consideram a tensão de trabalho ou carga última. No caso do aço, onde o desvio padrão da *D.N.G.* é pequeno, qualquer erro no projeto ou na construção leva a um rápido colapso da estrutura, tendo em vista que os conhecimentos sobre esse material são ainda limitados. Acontece o contrário à *D.N.G.* no caso do bambu, para o qual o desvio padrão é maior. Além disso, o bambu usado em estruturas pode absorver alta energia e é muito seguro quando usado em zonas sujeitas a abalos sísmicos.

De acordo com Liese (1998), a variação nas propriedades de resistência do colmo é muito mais elevada na direção horizontal do que na vertical. A densidade dos nós é maior

do que dos internós devido possuírem menos parênquima, porém, sua resistência à tração, flexão, compressão e cisalhamento são menores, conduzindo assim a presença dos nós a uma redução em todas as propriedades de resistência do colmo. As propriedades de resistência do bambu são influenciadas pelo conteúdo de umidade do colmo. Na condição seca a resistência é mais elevada do que na condição verde, sendo esta diferença mais facilmente percebida em colmos jovens do que nos colmos de maior idade.

Sekhar & Bhartari apud Liese (1985) comentaram que com a diminuição da espessura da parede do colmo, da base em direção ao topo, ocorre um aumento na resistência mecânica, especialmente nas paredes internas, enquanto nas paredes externas esta característica muda muito levemente.

Hidalgo-López (2003) comentando resultados de vários pesquisadores, fez menção às partes do colmo que devem ser consideradas em qualquer estudo, devido a que estas partes possuem diferentes resistências, como segue:

- Colmo inteiro: As propriedades mecânicas variam da base ao topo do colmo. Se a altura útil de um colmo for dividida em três partes, na maioria dos casos a parte superior é mais resistente em compressão e flexão do que as partes central e inferior. A parte central, que possui os maiores internós é mais resistente em tração, enquanto que a parte inferior do colmo apresenta geralmente menores valores de resistência mecânica.
- No internó: Em um internó as fibras são mais curtas próximas ao nó e mais longas no centro do internó, conseqüentemente a parte mais resistente corresponde à região central. Comentou que testes com a espécie *Phyllostachys pubescens* (bambu moso), utilizando corpos de prova cilíndricos (colmo natural) com a presença de nós tem conduzido a valores de resistência mecânica

inferiores àqueles de corpos de prova sem os nós. Os seguintes valores de redução foram observados: 19 % na tração, 6,4 % na compressão, 3,9 % na flexão e 6,9% no cisalhamento. Observou aumento apenas na tração transversal.

- Na parede do colmo: A massa específica aparente e as resistências à tração e à compressão da parede do colmo aumentam da parte interna para a parte externa, em consequência a região mais resistente é o terço externo, e a mais fraca, o terço interno.

De acordo com Hidalgo-López (2003), não existe diferença significativa entre os valores de tração dos vasos vasculares (com suas capas de fibras) tomados da região externa, central e interna da parede do colmo, mas ocorre que a quantidade ou densidade dos vasos é duas vezes mais elevada na parte externa do que na parte central e 2,75 mais elevadas do que na parte interna, o que explica a diferença de resistência mecânica das diferentes regiões na parede do colmo.

Vários autores (Janssen (2000); Liese (2000); Ghavami (1989); Hidalgo-López (2003) e Beraldo & Zoulalian (1995)) comentaram que na determinação das características mecânicas dos colmos do bambu, o principal inconveniente tem sido a inexistência de uma padronização dos ensaios, o que tem levado a tendência de cada pesquisador adotar sua própria metodologia, o que torna extremamente difícil a comparação de resultados.

Rivero (2003) destacou que o bambu possui características físicas e mecânicas que o potencializam para utilização em construções leves, e como cabos de ferramentas, comentando, no entanto, que para uma maximização da sua utilização, torna-se necessário além de um conhecimento adequado de suas propriedades físicas e mecânicas, efetua-se

uma normalização para os ensaios a serem executados o que propiciaria inclusive a comparação de resultados de diferentes autores.

Hidalgo-López (2003) comentou que muitos erros foram cometidos na determinação das características mecânicas dos colmos, devido a se considerar o bambu como uma árvore. O bambu é uma gramínea gigante, com propriedades de resistência mecânica que diferem horizontalmente da base ao topo do colmo e lateralmente ao longo da parede do colmo, o que muitas vezes não se leva em consideração.

Hidalgo-López (1974), Liese (1987) e Sekar e Rawat (1956), citados por Sanyial et al. (1988), destacaram a importância de haver normatização nos ensaios de bambus. Os resultados obtidos dependem fortemente de vários parâmetros inerentes a cada espécie, tais como a razão entre suas dimensões características, a amostragem, a procedência, e, sobretudo, a idade do colmo.

Janssen (2000) comentou que a propriedade física que mais influencia as propriedades mecânicas é a massa específica aparente do material por unidade de volume, a qual varia com a qualidade do seu local de crescimento, a espécie, sua posição no colmo, etc. O autor apresentou um estudo comparativo de resistência e dureza de alguns materiais tomados em relação à sua massa específica aparente, mostrando que o bambu somente é inferior ao aço (Figura 9).

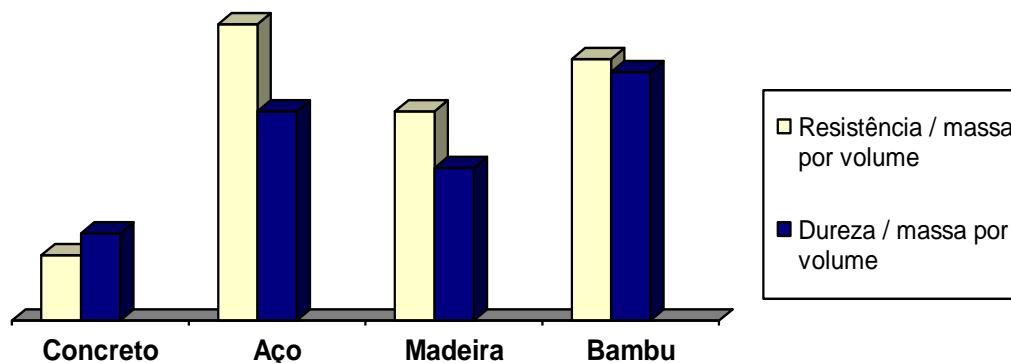


Figura 9 – Resistência e dureza de alguns materiais e o bambu (JANSSEN, 2000).

4.7.2 UMIDADE

De acordo com Hidalgo-López (2003), a umidade em bambus vivos varia bastante entre as diferentes espécies, entre colmos individuais de uma mesma espécie e entre partes de um mesmo colmo, sendo influenciada pela idade do colmo e a época de corte. Colmos imaturos possuem mais umidade que os maduros e colmos verdes (recém cortados) podem ter umidade entre 40 e 150 %. Colmos jovens contém umidade relativamente constante ao longo do comprimento, enquanto em colmos maduros ela é maior na base e decresce em direção ao topo. Os internós contém mais umidade que os nós e através da parede do colmo a umidade é maior internamente e diminui em direção a casca.

Liese (1985) comentou que na condição seca a resistência do colmo é maior que na condição verde, mas que para flexão e clivagem não existe muita diferença.

Beraldo et al. (2003) comentaram que o teor de umidade de um colmo de bambu (em base seca) recém cortado é de cerca de 80%. Esse valor varia em função da idade do colmo e da posição escolhida no mesmo para se efetuar a amostragem, além da época do

ano em que foi efetuado o abate. Após o corte do colmo, torna-se necessário um período de um a quatro meses de secagem ao ar, para que o colmo atinja uma umidade de 10-15%.

A secagem é muito importante, pois permite reduzir consideravelmente a massa do colmo, o que, além de facilitar seu transporte, proporciona uma melhoria em suas propriedades mecânicas. A secagem se torna uma operação indispensável para as etapas seguintes de processamento do bambu, tais como, a colagem e a composição com outros materiais.

De acordo com Ota (1953), citado por Schniewind (1989), o ponto de saturação das fibras de bambu é inferior a 17%, mostrando ser muito inferior à média das madeiras (da ordem de 30%).

Hidalgo-López (2003) comentou que o ponto de saturação de fibras em madeiras está situado entre 28 e 30 %, enquanto que nos bambus este valor está compreendido entre 13 e 20%, conforme a espécie.

4.7.3 MASSA ESPECÍFICA APARENTE

Liese (1998) comenta que a massa específica aparente dos bambus varia entre 500 a 800 kg/m³, dependendo principalmente do tamanho, quantidade e distribuição dos aglomerados de fibras ao redor dos feixes vasculares. Na parede do colmo, a massa específica aparente aumenta da parte interna para a externa pelo fato de existirem feixes vasculares menores, mais densos e menor quantidade de tecido básico na camada externa, sendo que 50% das fibras encontram-se na terça parte mais externa da parede do colmo, sendo esta, portanto, a região mais resistente. Essas diferenças entre as camadas interna e externa da parede são maiores na parte basal do colmo e menores mais perto do topo,

devido ao aumento da massa específica aparente na parte interna e redução na espessura da parede, que apresenta internamente menos parênquima e mais fibra. Ao longo do colmo a massa específica aparente aumenta da base em direção ao topo. O autor comentou, ainda, ser a região nodal mais densa que as outras devido a um acúmulo de vasos e fibras e, conseqüentemente, maior compressão entre eles.

Sharma & Mehra (1970) apud Hidalgo-López (2003) comentaram que embora a região dos nós possua uma massa específica aparente maior do que a região dos internos, as suas resistências à flexão, à compressão e ao cisalhamento são menores.

Hidalgo-López (2003) comentou que a parte superior do colmo, com vasos condutores menores, mas em maior número, são recobertos por uma cobertura crescente de fibras, o que reflete em maior massa específica aparente. Acrescentou que para maioria das espécies a parte superior do colmo tem apresentado maior resistência à compressão e em flexão.

De acordo com Janssen (2000), a massa específica aparente é a mais importante propriedade mecânica, sendo que para a maioria dos bambus seu valor está em torno de 700 a 800 kg/m³. O autor apresenta algumas regras práticas para a estimativa da tensão de ruptura de algumas propriedades de resistência mecânica do bambu. A Tabela 2 apresenta os valores dos coeficientes através dos quais se pode estimar as propriedades de resistência mecânica do bambu, conhecendo-se sua massa específica aparente (ρ), através da relação $R = K \cdot \rho$, onde R = tensão de ruptura, em MPa e ρ = massa específica aparente, em kg/m³. O autor acrescentou que a tensão admissível pode ser estimada como sendo 1/7 da tensão de ruptura.

Tabela 2 - Valores do coeficiente K (JANSSEN, 2000).

Umidade	Compressão	Flexão	Cisalhamento
seco (12%)	0,094	0,14	0,021
Verde (úmido)	0,075	0,11	

Segundo Tomazello & Azzini (1988), para a espécie *Bambusa vulgaris*, no sentido transversal, os valores de densidade básica foram crescentes das camadas internas para as externas dos colmos do bambu, para todas as alturas amostradas, obtendo-se variações de 0,43 a 0,76 g/cm³. No sentido longitudinal, os valores de densidade básica foram crescentes da base para o ápice dos colmos, com tendência a se igualarem nas posições terminais.

A variação do volume do colmo é quase que insignificante depois de seu crescimento, porém, sua densidade varia com a idade. A densidade é menor no colmo imaturo, aumentando gradualmente de 1 até 6 anos de idade, permanecendo quase estável dos 5 aos 8 anos e decrescendo gradualmente após os 8 anos. Esta vem a ser a principal razão pela qual as pesquisas atentam para o manejo que vise o maior rendimento através de corte racionais utilizando a idade correta (ZHOU, 2000). A Tabela 3 apresenta a relação entre a idade e a densidade do bambu.

Tabela 3 – Relação entre a idade e a densidade de bambus das espécies *P. pubescens* e *S. affinis* (CNBRC, 2001).

IDADE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>P. pubescens</i>	0,43	0,56	0,61	0,63	0,62	0,63	0,62	0,66	0,61	0,61
<i>S. affinis</i> g/cm ³	0,49	0,49	0,55	0,51	0,61	0,64	0,63			

As condições locais da plantação de bambu como um solo fértil, um clima úmido e quente favorecem o crescimento do colmo, que alcança maior porte, porém a densidade dos feixes vasculares é menor, e possuem menor quantidade de tecido e, portanto, a densidade do bambu é menor. Em solos áridos, com temperaturas baixas e clima seco, os colmos de bambu são delgados, porém com feixes vasculares densos e altas taxas de tecidos implicando em uma alta densidade do bambu (CNBRC, 2001).

A Tabela 4 apresenta valores de densidade básica, teor de umidade e retração de 36 espécies de bambu, provenientes de diferentes locais da China.

Tabela 4 – Densidade básica e retração do bambu (ZHOU, 2000).

Espécies	Densidade		Retração do bambu (%)		
	ρ g/cm ³	m (%)	Tangencial	Axial	Radial
I. <i>Bambusa</i> (20)*	0,65	67,00	0,17	0,02	0,17
<i>Multiplex</i>	0,55	80,80	0,16	0,01	0,07
<i>Tuldoides</i>	0,78	51,10	0,15	0,24	0,40
<i>Vulgaris</i>	0,76	47,60	0,20	0,01	0,16
II. <i>Dendrocalamus</i> (11)*	0,60	77,40	0,16	0,07	0,13
<i>Giganteus</i>	0,60	78,40	0,11	0,00	0,10

ρ = densidade básica; m = teor de umidade; Retração (secagem em estufa)

* = Gênero seguido do número de espécies ensaiadas

4.7.4 VARIAÇÕES DIMENSIONAIS

Beraldo et al. (2003) comentaram que durante a secagem do colmo aparecem os problemas ligados às variações dimensionais lineares, as quais são variáveis em função do eixo geométrico considerado. Em presença de variações de umidade, o bambu pode apresentar um aumento ou diminuição em suas dimensões. Tais fenômenos são

denominados, respectivamente, de inchamento e de retração. A exemplo das madeiras, as variações dimensionais do bambu, segundo o eixo longitudinal, são desprezíveis. As variações dimensionais radiais e tangenciais são mais importantes e apresentam valores relativamente próximos. Contrariamente às madeiras, a retração radial do bambu pode ser mais importante do que a tangencial (SCHNIEWIND, 1989). Liese (1987) afirmou que, contrariamente às madeiras, o bambu começa a se retrair desde o início da secagem, e que a higroscopicidade dos extrativos presentes nas células de parênquima é a principal responsável pela absorção de água pelo colmo seco.

Ota (1955), citado por Schniewind (1989), encontrou, para as espécies *Phyllostachys pubescens* e *Phyllostachys reticulata*, retrações totais de 6,65% (radial), 4,45% (tangencial) e de 0,33% (longitudinal ou axial).

Na Tabela 5, são apresentados os resultados para seis espécies de bambus.

Tabela 5 - Propriedades físicas de bambus (BERALDO & ZOULALIAN, 1995).

Bambu	Massa Específica			Variações dimensionais			
	(kg/m ³)			(%)			
Nome botânico	Saturado	seco	anidro	Radial l	tangencial	axial	Volumétrica
<i>D. giganteus</i>	1110	790	760	5,5	6,2	0,5	12,6
<i>B. v. vittata</i>	1210	570	560	9,1	7,5	0,4	17,8
<i>B. tuldoides</i>	1100	660	650	11,7	8,9	0,4	22,2
<i>P. purpuratta</i>	1150	590	590	9,8	8,0	0,5	19,2
<i>Phyllostachys sp</i>	1080	600	580	6,9	6,7	0,6	14,8
<i>P. viridis</i>	1090	750	730	8,0	8,1	0,4	17,1

Lee et al. (1994) analisando amostras da espécie *Phyllostachys bambusoides* na condição verde e seca, obtiveram um valor médio de todas as amostras de 0,02, 9,25 e 18,21 de retração, nos sentidos axial, tangencial e radial respectivamente.

O bambu seco tem uma grande capacidade de absorver água. O inchamento está diretamente relacionado com a sua habilidade em absorver água. Depois da absorção, o volume aumenta e a diminui. No início, o bambu absorve água rapidamente e essa taxa de absorção vai diminuindo lentamente com o passar do tempo. Após o bambu absorver água, o inchamento aparece no comprimento, na espessura e na largura. (Zhou, 2000).

4.7.5 COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Beraldo et al. (2004) comentaram que os colmos de bambus de maior diâmetro permitem a obtenção de pequenas amostras usinadas (paralelepédicas), o que torna os ensaios mais precisos, por evitar os prováveis deslizamentos entre o corpo de prova e os pratos da máquina de ensaios, sobretudo nos casos em que a altura seja considerável. A determinação do módulo de elasticidade do bambu em compressão também apresenta certas dificuldades. A deformação do corpo de prova é variável, dependendo se o sensor utilizado para medir a deformação (extensômetro) se encontra próximo da camada externa do colmo ou próximo de um nó. A camada externa se deforma menos do que a camada interna, devido à diferença na distribuição dos elementos anatômicos. O módulo de elasticidade obtido nas camadas externas pode, desse modo, apresentar um valor duas a três vezes superior à média da espécie. Comentaram ainda que a curva tensão-deformação no ensaio de compressão é quase linear e a resistência à compressão situa-se na faixa de 20 a 120 MPa, e o módulo de elasticidade varia entre 2,6 e 20,0 GPa.

De acordo com Hidalgo-López (1974), a presença de nós tem uma influência importante na resistência à compressão de corpos de prova paralelepípedicos. A resistência média dos corpos-de-prova cilíndricos é sempre superior àquela obtida sobre corpos de prova que tenham sofrido modificações geométricas. Evidencia-se, dessa forma, a importância da presença dos nós para o enrijecimento do colmo.

Beraldo (1987) estudou o comportamento em compressão de algumas espécies de bambus. Para colmos de *Phyllostachys sp*, na forma cilíndrica, obteve resistência à compressão de 55 MPa; para colmos de *Dendrocalamus giganteus*, na forma de corpos de prova paralelepípedicos, obteve 93 MPa, enquanto que para a espécie *Phyllostachys purpuratta*, na forma cilíndrica, obteve um valor médio de 65 MPa.

Hidalgo-López (2003), estudando a espécie *Guadua angustifolia*, encontrou que a resistência à compressão do colmo aumenta até a idade de 5 anos. Um valor máximo de 70 MPa foi obtido com colmos de 5 anos e um mínimo de 26 MPa para colmos de 1 ano. O autor comentou, ainda, que para muitas espécies a resistência à compressão e à flexão aumentam até a idade do colmo de 7 a 8 anos.

4.7.6 TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS

As antigas pontes pênseis asiáticas foram construídas com tecidos trançados provenientes das camadas externas de colmos de bambus. Tais pontes tornaram-se exemplos de uma combinação de leveza e de excelente resistência mecânica à tração. A grande longevidade das pontes deveu-se à ausência de tecidos provenientes das camadas internas do colmo, as quais apresentam também maior concentração de substâncias atrativas aos insetos (HIDALGO-LÓPEZ, 1974).

Teoricamente, a resistência da região externa do bambu, submetido à tração paralela, pode atingir valores da ordem de 260 MPa (ONU, 1972). A resistência à tração é de 2,5 a 3,5 vezes daquela obtida em ensaios de compressão (SCHNIEWIND, 1989).

A resistência à tração do bambu é alta e para algumas espécies e pode atingir até 370 MPa. Isto torna atrativo o uso do bambu como um substituto para o aço, especialmente quando for considerada a razão entre sua resistência à tração e sua massa específica aparente (Tabela 6). Pode ser notado que a razão entre a resistência à tração do bambu e sua massa específica aparente (σ/γ) é superior a 2,34 vezes daquela obtida para o aço CA 50. Em geral, a resistência à tração do bambu, com ou sem nó, situa-se entre 40 MPa e 215 MPa, e o seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 e 18,0 GPa (BERALDO et al., 2004).

Tabela 6 - Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais

Tipo de material	Resistência à tração σ_t (MPa)	Peso específico γ (N/mm ³ × 10 ⁻²)	$R = \frac{\sigma_t}{\gamma} \times 10^2$	$\frac{R}{R_{aço}}$
Aço CA 500	500	7,83	0,64	1,00
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro fundido	280	7,70	0,39	0,61
Bambu	120	0,8	1,5	2,34

A montagem de um ensaio de tração do bambu é uma operação particularmente delicada. A simples pressão das garras da máquina de ensaio pode provocar a ruptura dos corpos de prova por compressão transversal. Se a pressão não for suficiente pode ocorrer o deslizamento do colmo durante a realização do carregamento.

Apesar de a resistência do bambu à tração não depender da região do colmo onde foi efetuada a amostragem (GHAVAMI & HOMBECK, 1981), ela pode ser reduzida consideravelmente pela presença de nós (HIDALGO-LÓPEZ, 1974). Na região do colmo onde os nós se encontram presentes, ocorre uma concentração de tensões durante os ensaios, pois os feixes de fibras, ao sofrerem um desvio lateral, ocasionam pontos de menor resistência. Teoricamente, os corpos-de-prova que apresentarem nós na região central tenderão a apresentar resultados inferiores à media da espécie.

Estudo conduzido por Nagata & Takahashi (1995) apud Hidalgo Lopez (2003), mostraram que existe um gradiente crescente e uma forte correlação entre a quantidade de fibras e a resistência à tração, ambos crescendo da parte interna da parede do colmo em direção à parte externa, bem como da parte inferior do colmo em direção a sua parte superior. A autor citou dados de Bauman (1912), para a espécie *Phyllostachys nigra* como tendo resistência à tração de 306 MPa na região mais externa da parede, 159 MPa para a região mais interna e 207 MPa para o colmo inteiro, e para a espécie *Arundinaria amabilis* como tendo resistência à tração de 384 MPa na região mais externa da parede e 135 MPa para a região mais interna.

Hidalgo-López (2003) comentou que embora vários autores considerem que a resistência à tração, à compressão e em flexão aumentem com a idade do colmo, o autor encontrou para a tração, valores elevados e similares para colmos com 1 ou 5 anos, estudando fitas (para confecção de cabos) provenientes da região mais externa da parede.

4.7.7 FLEXÃO ESTÁTICA

As espécies que apresentam maior diâmetro (e maior distância entre os nós) permitem a confecção de corpos-de-prova semelhantes aos das madeiras. No entanto,

enquanto que no caso das madeiras deve-se adotar uma posição adequada na colocação do corpo-de-prova, considerando a disposição dos raios medulares (paralelos ou perpendiculares ao carregamento), para o bambu, um cuidado semelhante deve ser tomado em relação à disposição da camada externa do colmo.

A maior concentração de feixes de fibras nessa camada indica, provavelmente, que o corpo-de-prova apresentará maior resistência se a camada externa (casca) estiver abaixo da linha neutra, na região onde o corpo de prova encontra-se submetido à tração. No entanto, ensaios de flexão estática (vão de 150 mm) realizados em corpos de prova de *Dendrocalamus giganteus* apresentaram resultados contraditórios à essa suposição, porém concordantes com um relatório da ONU (1972). Pôde ser observado também o efeito da baixa resistência das camadas superiores na região de compressão o que induzia à ruptura prematura do corpo-de-prova (Beraldo, 1994). Apesar de realizar numerosos ensaios com a espécie *Guadua angustifolia*, Hidalgo-López (1974) não conseguiu confirmar o papel desempenhado pela posição da camada externa durante a flexão, denotando não haver uma influência significativa desse fator.

Beraldo et al (2004) comentaram que o comportamento à flexão estática do bambu, como um todo ou de seus segmentos, é muito importante na análise estrutural e vários trabalhos experimentais estão sendo desenvolvidos para estabelecer este tipo de resistência. Em geral, os resultados observados na literatura disponível situam a resistência do bambu à flexão estática entre 30 e 170 MPa. Esta variação deve-se não apenas à sua própria resistência à flexão estática, mas também pode ser causada pelo tipo de teste de flexão e pelo tamanho da amostra usada na execução dos testes. O módulo de elasticidade dos colmos de bambus estudados na flexão, usando segmentos do bambu, variou entre 6,0 a 14,0 GPa, e sua resistência à flexão variou de 57,0 a 133,0 MPa.

Bauman (1912) apud Hidalgo-López (2003) forneceu os valores da resistência à flexão para corpos de prova cilíndricos como variando entre 72 MPa nas partes mais internas da parede e de 276 MPa nas partes mais externas da parede.

4.7.8 CISALHAMENTO

Em geral, quanto maior o teor de umidade do bambu, bem menor será sua resistência ao cisalhamento. A resistência ao cisalhamento transversal às fibras do bambu situa-se em torno de 30% de sua resistência à flexão, ou seja, em torno de 32,0 MPa (variação entre 20,0 a 65,0 MPa). A resistência ao cisalhamento longitudinal às fibras é de, aproximadamente, 15% de sua resistência à compressão, ou seja, em torno de 6,0 MPa, com variação de 4,0 a 10,0 MPa.

4.7.9 VALORES GERAIS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE RESISTÊNCIA MECÂNICA.

Os dados apresentados na literatura sobre as características físicas e mecânicas do bambu devem ser considerados de maneira geral, já que na maioria das vezes não se encontra especificada e muito menos padronizada uma metodologia de obtenção dos dados, bem como não se especifica se o bambu foi ensaiado na forma cilíndrica (forma natural), ou na forma de ripas (amostras paralelepédicas) ou, qual parte do bambu foi estudada, base, meio ou ponta, a posição ao longo da parede ou ainda qual a idade do colmo, o que torna difícil uma comparação entre os dados. A seguir, são mostrados alguns valores encontrados.

A Tabela 7 apresenta valores de resistência à flexão de 5 espécies de bambu, com corpos de prova cilíndricos (forma natural) (BERALDO, 1987).

Tabela 7 - Resistência de bambus em flexão

Espécie	Limite elástico (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)	MOE (GPa)
<i>B. tuldoides</i>	95	153	20
<i>B. vulgaris</i>	48	106	8
<i>B. v. vittata</i>	40	75	5
<i>D. giganteus</i>	86	151	12
<i>P. purpuratta</i>	42	69	8

As Tabelas 8, 9, 10, 11, 12 e 13 apresentam valores médios de características físicas e mecânicas de algumas espécies de bambu.

TABELA 8 - Características físicas e mecânicas de espécies de bambu (LIMA JR et al., 1995).

	Resistência compressão (MPa)	R. Tração (MPa)	R. Flexão (MPa)	Módulo Elasticidade à tração (GPa)	Internós [m]	Diâmetro [m]	Espessura [m]10 ⁻²
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	77	115	152	11	0,55-0,65	0,12-0,14	1,0 -1,2
<i>Bambusa vulgaris</i>	65	115	131	9	0,35-0,45	0,07-0,08	0,6 - 0,8

TABELA 9 - Propriedades mecânicas da espécie *Dendrocalamus giganteus* (GHAVAMI, 1988).

Parte do Colmo	Tração [MPa]				Compressão [MPa]				Flexão [MPa]				Cisalhamento [MPa]
	σ_t		$E_{tx}10^4$		σ_c		$E_{cx}10^4$		σ_f		$E_{fx}10^4$		
	Nó	Internó	Nó	Internó	Nó	Internó	Nó	Internó	Nó	Internó	Nó	Internó	
Superior	109,3	156,0	,0857	1,072	32,6	49,0	0,245	0,308	86,0	136,7	0,724	0,896	49
Médio-superior	119,2	148,3	1,274	1,548	37,5	50,0	0,410	0,458	102,0	152,5	1,051	1,336	44,5
Médio	114,6	139,7	1,269	1,593	32,9	47,5	0,401	0,446	97,0	122,8	1,109	1,298	45,6
Médio-inferior	109,3	129,8	1,250	1,522	33,0	41,5	0,375	0,456	94,6	118,3	1,032	1,262	44,7
Inferior	99,3	101,6	1,222	1,498	58,8	39,7	0,357	0,341	85,6	112	1,057	1,296	47,0

Tabela 10 – Resistência à tração e módulo de elasticidade, horizontalmente e verticalmente de algumas espécies de bambu (UNO (1930) apud HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Espécie	Tração (MPa)					Módulo de elasticidade (MPa)				
	Camada	Basal	Média	Apical	Média	Camada	Basal	Média	Apical	Média
Phyllostachys bambusoides	Interna	187	129	225	181	Interna	21	17	26	22
	Externa	420	386	349	386	Externa	61	50	44	52
Ph. nigra var. henonis	Int	68	223	94	126	Int	12	32	16	20
	Ext	238	312	163	238	Ext	59	60	45	54
Ph. pubescens	Int	73	106	88	89	Int	2,4	11	11	8,5
	Ext	324	316	253	296	Ext	13	49	38	33
Dendrocalamus latiflorus	Int	50	100	105	85	Int	5,5	18	15	13
	Ext	233	363	316	304	Ext	11	80	60	51
Bambusa oldhami	Int	162	204	261	209	Int	22	29	34	28
	Ext	422	486	475	460	Ext	75	68	59	67
B. vulgaris var.vittata	Int	156	199	246	200	Int	18	20	-	19
	Ext	430	455	346	410	Ext	67	66	-	67

Tabela 11 – Resistência mecânica com e sem a presença de nós da espécie *Phyllostachys pubescens* (ZHOU, 1994, apud HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Propriedade	Sem nó (MPa)	Com nó (MPa)	Varição (%)
Tração	263	212	- 19
Flexão	136	131	- 3,9
Compressão	62	58	- 6,4
Cisalhamento	13	12	- 6,9
Tração perpendicular	3	3,6	+ 20
Clivagem	0,6	0,8	+ 33
Dureza (KJ/m ²)	89	77	- 13

Tabela 12 - Propriedades mecânicas da espécie *Phyllostachys pubescens* (LIESE, 1985)

Propriedade (MPa)	Parte do Colmo	Saturado em Água	Seco ao Ar	Seco em Estufa
Resistência à Flexão	Interna	120	144	160
	Externa	250	270	370
Resistência à Clivagem	Interna	5	6	8
	Externa	6	7	8
	Inteiro	6	7	8
Resistência ao Cisalhamento	Inteiro	9	11	18

Tabela 13 – Resistência mecânica parte baixa do colmo (basal) através de vários internós (incluído os nós superiores e inferiores) (SJAFII, 1984 apud HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Espécie	Internós	Módulo Elasticidade (Gpa)	Compressão (MPa)	Tração (MPa)

Dendrocalamus giganteus	1	17	60	183
	3	12	61	194
	5	14	64	188
	7	13	64	196
	Média	14	62	190
Dendrocalamus asper	1	12	63	214
	3	14	59	204
	5	12	62	222
	7	12	56	210
	Média	13	60	212

A Tabela 14 apresenta valores médios obtidos em diversos ensaios de resistência mecânica de amostras de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na forma laminada colada e na forma de ripas ensaiadas conforme a NBR 7190/1997 para madeira (GONÇALVES et al., 2001).

Tabela 14 – Resistência mecânica de amostras de bambu laminado colado e serrado

BAMBU LAMINADO COLADO	
Ensaio	Resistência (MPa)
Dureza	35
Compressão Paralela às Fibras	55
Compressão Normal às Fibras	18
Tração Paralela às Fibras	195
Tração Normal às Fibras	2,5
Cisalhamento	10
Flexão	166
BAMBU LAMINADO – RIPA	
Ensaio	Resistência (MPa)
Compressão Paralela às Fibras (amostra	89

reduzida da Norma)	
Tração Paralela às Fibras	161
Flexão (amostra reduzida da Norma)	298
Resistência ao Impacto na Flexão - Tenacidade	137 hJ/m ²

A Tabela 15 mostra valores médios para algumas características físicas de colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus* cultivados na Unesp de Bauru. Os colmos estão subdivididos em 3 seções consecutivas com 4 m de comprimento, denominadas sequencialmente a partir da base em direção ao topo de A, B e C

Tabela 15 - Dimensões médias de colmos de bambu gigante (PEREIRA, 1992).

Colmo	seção	internó (m)	Entrada			Saída		
			D (m)	d (m)	E (m)	D (m)	d (m)	E (m)
1	A	0,410	0,140	0,124	0,018	0,135	0,112	0,011
	B	0,545	0,135	0,112	0,011	0,125	0,102	0,011
	C	0,620	0,125	0,102	0,011	0,110	0,095	0,007
2	A	0,400	0,135	0,095	0,020	0,125	0,100	0,012
	B	0,510	0,125	0,100	0,012	0,115	0,095	0,010
	C	0,515	0,115	0,095	0,010	0,097	0,080	0,008
3	A	0,375	0,145	0,110	0,017	0,135	0,110	0,012
	B	0,500	0,135	0,110	0,012	0,123	0,102	0,010
	C	0,510	0,123	0,102	0,010	0,105	0,090	0,007
4	A	0,420	0,130	0,092	0,019	0,115	0,095	0,010
	B	0,510	0,115	0,095	0,010	0,100	0,082	0,009
	C	0,505	0,100	0,082	0,009	0,080	0,064	0,008
5	A	0,415	0,146	0,106	0,020	0,137	0,112	0,012
	B	0,525	0,137	0,112	0,012	0,132	0,108	0,012
	C	0,500	0,132	0,108	0,012	0,096	0,080	0,008
6	A	0,350	0,138	0,092	0,023	0,125	0,090	0,017
	B	0,500	0,125	0,090	0,017	0,115	0,090	0,012
	C	0,505	0,115	0,090	0,012	0,094	0,078	0,008
7	A	0,345	0,143	0,093	0,025	0,125	0,100	0,012
	B	0,500	0,125	0,100	0,012	0,120	0,100	0,010
	C	0,525	0,120	0,100	0,010	0,103	0,085	0,009
8	A	0,330	0,156	0,110	0,023	0,141	0,112	0,014
	B	0,490	0,141	0,112	0,014	0,124	0,102	0,011
	C	0,515	0,124	0,102	0,011	0,110	0,094	0,008
9	A	0,390	0,152	0,110	0,021	0,142	0,112	0,015
	B	0,515	0,142	0,112	0,015	0,135	0,115	0,010

	C	0,545	0,135	0,115	0,010	0,125	0,110	0,007
10	A	0,410	0,145	0,105	0,020	0,135	0,100	0,017
	B	0,505	0,135	0,100	0,017	0,130	0,100	0,015
	C	0,515	0,130	0,100	0,015	0,105	0,088	0,008
D=Diâmetro externo		d=Diâmetro interno			E=Espessura da parede			

Alguns valores gerais de propriedades de resistência mecânica de diversas espécies de bambu são mostrados na Tabela 16 (GONÇALVES et al., 2001).

Tabela 16. Resistência mecânica de algumas espécies de bambu

Espécie	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Cisalhamento (MPa)
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	135	40	108	46
<i>D.asper</i>	285	28	89	6,6
<i>D.strictus</i>		63		
<i>Bambusa multiplex</i>	103	27	75	56
<i>B.tuldoides</i>	111	34	93	54
<i>B.vulgaris</i>	82	27	78	41
<i>B.vulgaris</i>	317	28	90	8,5
<i>B.vulgaris Schrad</i>	149	46	124	41
<i>B.balcoa</i>		45		
<i>B.arundinacea</i>	297	34	76	9,5
<i>Guadua superba</i>	130	42	102	48
<i>G.verticillata</i>	237	29	82	8,0
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	120	42		
<i>Gigantochoa apus</i>	296	30	84	7,2
<i>G. atter</i>	288	31	97	8,2

Fonte: Golçalves et al. (2001).

BERALDO e ZOULALIAN (1995) apresentaram valores gerais para as propriedades mecânicas do bambu como sendo:

Resistência à compressão : 50 a 90 MPa
Resistência à tração : 2,5 a 3,5 vezes sua resistência à compressão
Resistência à flexão : 70 a 150 MPa

4.8 ESPÉCIES DE BAMBU

O bambu possui cerca de 50 gêneros e 1250 espécies que se distribuem naturalmente dos trópicos às regiões temperadas, tendo, no entanto, maior ocorrência nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e sub-tropicais da Ásia, África e América do Sul. Os bambus nativos crescem naturalmente em todos os continentes, exceto a Europa, sendo que 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania (HIDALGO-LÓPEZ, 2003)

Em nosso país as espécies nativas são em sua maioria ornamentais e estão associadas a florestas. Todas as espécies de bambu plantadas são chamadas exóticas, originárias em sua grande maioria de países orientais, de onde foram sendo trazidas e aqui introduzidas desde o tempo do descobrimento, exceção feita à espécie *Guadua angustifolia* que é originária da América do Sul, sendo muito utilizada na Colômbia e, segundo se afirma, existe também em nosso país nos extremos da região Norte (PEREIRA, 2001).

De acordo com Filgueiras & Santos-Gonçalves (2004), o Brasil possui 34 gêneros e 232 espécies de bambus nativos (174 espécies consideradas endêmicas), sendo considerados 16 gêneros de bambu do tipo herbáceo (ornamental) e 18 gêneros do tipo lenhoso. Entre os tipos herbáceos têm-se 4 gêneros (com 45 espécies) endêmicos, destacando-se os gêneros *Olyra* e *Pariana*, com 18 espécies cada. Dentre os bambus lenhosos

existem 6 gêneros (com 129 espécies) endêmicos, destacando-se os gêneros: *Merostachys*, com 53 espécies; *Chusquea*, com 40 espécies; e *Guadua*, com 16 espécies. No Brasil ocorrem 89% de todos os gêneros e 65% de todas as espécies de bambus conhecidas na América. Os autores acrescentaram que dentre as espécies introduzidas no Brasil destacam-se aquelas pertencentes aos gêneros *Bambusa* (espécies: *blumeana*, *dissimulator*, *multiplex*, *tulda*, *tuldoides*, *ventricosa*, *vulgaris*, *beeheyana*), *Dendrocalamus* (espécies: *giganteus*, *asper*, *latiflorus*, *strictus*), *Gigantochloa*, *Guadua*, *Phyllostachys* (espécies: *aurea*, *purpurata*, *bambusoides*, *nigra*, *pubescens*), *Pseudosasa*, *Sasa* e *Sinoarundinaria*.

4.8.1 ESPÉCIES PRIORITÁRIAS

Considera-se que 75% das espécies de bambu tenham algum uso local nos vários países em que existem e que 50 delas sejam efetivamente utilizadas e exploradas. Organismos internacionais ligados à cultura do bambu recomendam a introdução e experimentação de 19 espécies consideradas como prioritárias, com base em critérios relativos à sua utilização, cultivo, processamento e produtos, recursos genéticos e agroecologia. Muitas destas espécies prioritárias já foram introduzidas em nosso meio e encontram-se adaptadas às nossas condições de clima e solo (INBAR, 1985).

A Tabela 17 mostra resumidamente as 19 espécies prioritárias de bambu, destacando ainda o potencial apresentado por cada uma delas.

Tabela 17 - Espécies prioritárias de bambu (INBAR, 1985).

Espécie	Valor			Manejo	Clima e Ecologia		Recursos Genéticos				
	C	RI	E		CI	SI	D	S	IV	T	F
Bambusa bambos	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	M	M	H

B. blumeana	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	H	H	H
B. polymorpha	+	+	-	D	h,d	r,m	H	H	M	H	H
B. textilis	+	++	+	D	St	r,m	M	L	H	H	L
B. tulda	+	++	+	D	h,d	r,m	H	M	H	H	H
B. vulgaris	-	-	++	D	h,d,s	r,m,p	L	L	L	L	L
Cephalostachyum pergracile	+	++	+	W	h,d	m	M	L	M	H	M
Dendrocalamus Asper	++	+	++	D	h,d	r	H	H	M	H	H
D. giganteus	+	+	+	D	H	r	H	H	M	H	H
D. latiflorus	++	+	+	D	H	r	M	L	M	H	L
D. strictus	++	+	++	D	d,s	m,p	M	L	L	H	M
Gigantochloa apus	+	++	+	D	H	r	H	H	M	H	H
G. Levis	+	++	++	D	H	r	H	L	H	H	H
G. pseudoarundinaria	++	+	+	D	h,d	r	M	L	H	H	L
Guadua angustifolia	++	++	++	W	H	r,m	H	H	H	H	H
Melocanna baccifera	+	++	+	W	H	r	H	M	H	H	M
Ochilandra	+	+	+	W	H	r	H	H	M	H	H
Phyllostachys pubescens	++	++	++	D	T	r,m	M	M	L	L	L
Thyrsostachis siamensis	++	++	++	D	d,(h)	w.(r)	M	M	L	H	L

Valor : C = Potencial para comercialização ++ (alto); + (médio); - (baixo)
RI = Indústria rural ++ (alto); + (médio); - (baixo)
E = Regenerador ambiental ++ (alto); + (médio); - (baixo)

Manejo : D = Domesticado
W = Selvagem

Clima e Ecologia: Cl = Clima: - h(trópicos úmidos); d(trópicos secos);
st(subtropical); s(semi árido); t(temperado)
Sl= Solos: - r (rico); m (médio); p (pobre)

Recursos genéticos: D = Desgaste genético
S = Necessita pesquisa armazenamento de sementes
IV = Necessidade de pesquisa sobre reprodução in vitro
T = Necessidade de maiores transferências
F = Necessidade de levantamentos futuros

H (alto) - M (médio) - L (baixo)

4.8.2 BAMBU GIGANTE

O bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) é relativamente comum em nosso meio e, embora tenha sido introduzido em nosso país oriundo de países asiáticos, têm-se adaptado e reproduzido como se fosse nativo (AZZINI & SALGADO, 1981).

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

Liese (1985) apresentou a espécie *Dendrocalamus giganteus* como tendo uma altura entre 30 e 35 m e de 0,30 a 0,35 m de diâmetro, com parede espessa.

Farrelly (1984) apresentou a espécie *Dendrocalamus giganteus* como tendo de 24 a 30 m de comprimento e diâmetro de 0,20 a 0,25 m, sendo nativo da Índia, Burma, Sri Lanka, Tailândia e Madagascar.

A espécie *Dendrocalamus giganteus* apresenta colmos com altura entre 24-40 m, internós entre 0,40 a 0,50 m, diâmetros entre 0,10 e 0,20 m e com parede espessa, que no entanto varia de acordo com a altura. É um bambu de uso geral e que se adapta bem às regiões tropicais e subtropicais (MCCLURE, 1993).

O INBAR (1995) forneceu os seguintes aspectos e características relativas à espécie

Dendrocalamus giganteus.

Descrição:	Espécie de bambu gigante, do tipo moita e de grande altura.
Altura dos colmos:	24-60 m
Diâmetro dos colmos:	10-20 cm
Espessura da parede:	Parede espessa, 1-3 cm
Clima e Solo:	Regiões tropicais úmidas até regiões sub-tropicais; usualmente prefere solos ricos.
Temperatura mínima=	-2 °C
Distribuição natural:	SriLanka; Bangladesh; Nepal; Tailândia; China; introduzido na Indonésia, Malásia e Filipinas.
Usos mais comuns:	Muito usado para construções e para confecção de bambu laminado colado (plybamboo), também usado para fabricação de polpa e papel, utensílios domésticos e alimento.
Pesquisa atual:	Em vários campos.

Uso Potencial: Produção de brotos; expansão da indústria de bambu laminado colado (plybamboo).

Necessidades de trabalhos: Manejo, agronomia e melhoramento.

4.8.3 BAMBU GUADUA

O INBAR (1994) forneceu os seguintes aspectos e características relativas à espécie *Guadua angustifolia*.

Descrição: Espécie de bambu gigante entouceirante, com espinhos nas gemas, de elevado porte, com elevadas propriedades mecânicas e grande durabilidade natural dos colmos, sendo muito importante para a economia rural na Colômbia e no Equador.

Altura dos colmos: até 30 m

Diâmetro dos colmos: até 20 cm

Espessura da parede: 1,5-2 cm.

Clima e Solo: Clima Tropical; Solos médios a ricos; cresce ao longo de rios ou colinas.

Temperatura mínima = -2 °C

Distribuição natural: América do Sul, incluindo a região Norte do Brasil, até o Panamá.

Usos mais comuns: Bambu de múltiplos usos; sendo mais extensivamente utilizado como material de construção para casas de baixo custo (programa habitacional Hogar de Cristo, no Equador); centenas de usos no meio rural.

Pesquisa atual: Preservação dos colmos.

Uso potencial: Valioso para plantio em colinas.

Necessidade de trabalhos: coleção e conservação; variabilidade de espécies; manejo sustentável de plantios; tecnologia de reprodução (propagação); alimento (brotos).

De acordo com Cruz Rios (2009), a espécie *Guadua angustifolia* é uma das plantas mais importantes da Colômbia, não só pela multiplicidade de usos, mas também pelo papel desempenhado no desenvolvimento sócio-econômico e na conservação dos recursos hídricos.

Nome científico: *Guadua angustifolia* Kunth. 1882.

Ocorrência Natural: Desde o Panamá até o Norte do Peru.

Gênero Guadua: Ocorrência natural desde o México até a Argentina.

Varietades: *Guadua macana* e *Guadua cebolla*. Outros menos comuns: *Guadua cotuda* e *Guadua de castilla*.

A variedade *macana* apresenta espessura de parede entre 1,0 e 1,5 cm, distância entre os nós igual ou inferior a 20 cm. Os valores de diâmetro dos colmos não passam de 11,0 cm. Esta variedade é caracterizada pela presença de ramos laterais na parte baixa do colmo. O *guadua macana* é comumente utilizado estruturalmente na construção de habitações. A variedade *cebolla* apresenta espessura de parede menor ou igual a 1,0 cm e distância entre nós maior que 20 cm. Os diâmetros são maiores do que os encontrados na variedade *macana*, sendo em média, superiores a 11,0 cm. Segundo o autor, trata-se da mesma espécie de bambu com variações em suas dimensões decorrentes das condições onde se desenvolvem.

5. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia proposta está sendo apresentada de forma cronológica, ou seja, o Projeto Bambu inicialmente procurou introduzir e manejar as espécies de maior interesse, criando um plantio experimental capaz de produzir e fornecer a matéria prima necessária para o seu desenvolvimento. Em um processo contínuo e ainda em andamento, a matéria prima produzida vem sendo utilizada em estudos envolvendo processamento, caracterização, desenvolvimento de produtos artesanais e processados e ainda em projetos de extensão e divulgação.

5.1 INTRODUÇÃO E MANEJO DE ESPÉCIES PRIORITÁRIAS

5.1.1 CONSIDERAÇÕES

Existem cerca de 1300 espécies de bambu espalhadas pelo planeta, sendo muitas delas ornamentais e com pouca possibilidade de exploração econômica. Organismos como o International Network for Bambu and Rattan-INBAR (1995) tem reconhecido cerca de 50 espécies, tradicionalmente utilizadas em muitos países, como de maior interesse, e tem recomendado mais especificamente a introdução e experimentação com 19 espécies consideradas prioritárias, em relação a critérios envolvendo meio ambiente, recursos genéticos, possibilidades de aplicações e geração de renda, no qual se baseará o projeto de plantio experimental.

Embora existam milhares de espécies de bambu espalhadas pelo mundo e o Brasil possua aproximadamente 232 espécies nativas (Filgueiras, 2008), o uso e o conhecimento básico de suas características e aplicações permanece pouco conhecido e difundido entre nós. Embora exista grande diversidade de espécies nativas estas são, em sua maioria, desconhecidas em seu potencial, de difícil localização e com restrições de uso.

Assim, as espécies introduzidas inicialmente são exóticas, oriundas em sua maioria de países asiáticos, em sua maioria adaptadas e incorporadas a paisagem, com exceção do gênero *Guadua* que é nativo da América do Sul e, particularmente, da espécie *Guadua chacoensis* que é nativa do Brasil.

5.1.2 ESPÉCIES

A Tabela 1 apresenta as 19 espécies prioritárias sugeridas pelo Inbar para introdução e experimentação com os critérios de recomendação, na qual se baseou esta etapa de escolha de espécies para o plantio experimental.

Tabela 1. Critérios e espécies prioritárias de bambu.

Espécie	Valor			Manejo	Clima e Ecologia		Recursos Genéticos				
	C	RI	E		Cl	SI	GE	S	IV	E	Apl.
<i>Bambusa bambos</i>	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	M	M	H
<i>B. blumeana</i>	++	++	++	D	h,d,s	r,m,p	H	L	H	H	H
<i>B. polymorpha</i>	+	+	-	D	h,d	r,m	H	H	M	H	H
<i>B. textilis</i>	+	++	+	D	st	r,m	M	L	H	H	L
<i>B. tulda</i>	+	++	+	D	h,d	r,m	H	M	H	H	H
<i>B. vulgaris</i>	-	-	++	D	h,d,s	r,m,p	L	L	L	L	L
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	+	++	+	W	h,d	m	M	L	M	H	M
<i>Dendrocalamus asper</i>	++	+	++	D	h,d	r	H	H	M	H	H
<i>D. giganteus</i>	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H
<i>D. latiflorus</i>	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L
<i>D. strictus</i>	++	+	++	D	d,s	m,p	M	L	L	H	M
<i>Gigantochloa apus</i>	+	++	+	D	h	r	H	H	M	H	H
<i>G. levis</i>	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H
<i>G. pseudoarundinaria</i>	++	+	+	D	h,d	r	M	L	H	H	L
<i>Guadua angustifolia</i>	++	++	++	W	h	r,m	H	H	H	H	H
<i>Melocanna boccifera</i>	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M
<i>Ochlandra</i>	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H
<i>Phyllostachys pubescens</i>	++	++	++	D	t	r,m	M	M	L	L	L
<i>Thyrsostachis siamensis</i>	++	++	++	D	d,(h)	m,(r)	M	M	L	H	L

onde :

Valor: C = Potencial para comercialização ++(alto); +(médio); -(baixo)
RI= Indústria rural ++(alto); +(médio); -(baixo)

	E = Reperador ambiental	++(alto); +(médio); -(baixo)
Manejo:	D = Domesticado W = Selvagem	
Clima e ecologia:	Cl = Clima: h(trópicos úmidos); d(trópicos secos); st(subtropical); s(semi-árido); t(temperado) Sl = Solos:- r (rico); m(médio); p(pobre).	
Recursos genéticos:	GE=Desgaste genético. S= Necessidade de pesquisa sobre armazenamento sementes IV=Necessidade de pesquisa sobre armazenamento in vitro E=Necessidade de maiores transferências Apl=Necessidade de levantamentos futuros	
	H (alto); M (médio); L (baixo)	

5.1.3 - MANEJO, PRODUÇÃO E IDADE DOS COLMOS

5.1.3.1 Considerações.

O manejo, considerado vital para a saúde, vitalidade e o desenvolvimento das moitas consiste no corte seletivo de colmos, retirando-se colmos tortos e defeituosos e colhendo apenas colmos considerados maduros, com idade superior a 3 anos. Os colmos jovens devem ser deixados na moita para que completem seu amadurecimento mantendo o vigor geral da moita. Como uma moita possui colmos de várias idades à época do corte, a idade de cada um deles será definida previamente pela marcação anual dos colmos à medida que nascem.

Os colmos maduros colhidos terão determinadas suas dimensões físicas como o diâmetro à altura do peito (DAP), mais facilmente obtido através da circunferência à altura do peito (CAP), sua altura e sua massa verde (biomassa). Será ainda obtida a relação entre altura do colmo e seu CAP (relação H/CAP) para estimativas futuras de altura dos colmos.

Como o bambu é uma cultura anual, a cada ano as moitas serão inventariadas para acompanhamento de seu desenvolvimento e produção, em termos do número de novos colmos, diâmetro e altura estimada.

Das espécies introduzidas, duas serão inicialmente manejadas e acompanhadas em seu desenvolvimento, ambas de fácil reprodução e com dimensões adequadas para o processamento e confecção de ripas necessárias aos estudos. A espécie *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) de origem asiática, relativamente comum no meio rural, introduzida no verão dos anos 1994-1995, num total de 30 moitas e a espécie *Guadua angustifolia*, de origem colombiana, introduzida no verão dos anos 1997-1998, num total de 46 moitas.

5.1.3.2 Dados de manejo e produção a serem obtidos no campo

- 1 - Número de novos colmos por moita
- 2 - Número total de colmos por moita
- 3 - Número total de colmos
- 4 - Diâmetro à altura do peito (DAP)
- 5 - Altura
- 6 - Massa verde (biomassa)
- 7 - Relação H/CAP

Para o manejo das moitas, colheita dos colmos e obtenção dos dados no campo, serão utilizados os seguintes equipamentos:

Conjunto Moto-Serra; serrote; tesouras de poda

Balança para até 200 kg ;

Trena (30 m);

Paquímetro

Os colmos colhidos serão protegidos ainda no campo contra o ataque de insetos xilófagos, através da aplicação (pulverização) do produto pentox/querosene nas extremidades serradas e nas regiões onde os colmos sofreram limpeza para retirada dos ramos laterais. Colmos que serão utilizados em construções serão tratados com o produto octaborato, pelo método Boucherie modificado ou por imersão, enquanto os colmos processados, na forma de ripas, destinados ao desenvolvimento de produtos serão tratados por imersão com o mesmo produto.

5.2 CARACTERIZAÇÃO

5.2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O bambu é um material diferente das madeiras em termos de sua anatomia, morfologia, crescimento e propriedades de resistência, tendo variações significativas em suas propriedades tanto na direção vertical–altura (da base do colmo em direção à ponta), bem como na direção horizontal-espessura (através da parede do colmo). Tais variações ocorrem também em função da espécie estudada, das condições locais e, principalmente, também em função da idade dos colmos.

Desse modo, neste trabalho alguns parâmetros serão fixados, em primeiro lugar para padronizar a obtenção dos corpos de prova em função da idade do colmo e da localização das amostras ao longo da altura do colmo e da sua posição através da parede do colmo, e, em segundo lugar, para agilizar na obtenção dos dados, tendo em vista que se trata de uma pesquisa com cunho tecnológico. Assim serão fixados os seguintes parâmetros:

Idade do Colmo: Serão colhidos colmos com a idade entre 3 e 4 anos por ser a mais citada pelos principais autores (Liese, 1998; Janssen, 2000; Zhou, 2000; CNBRC, 2001; Hidalgo Lopez 2003; Beraldo et al., 2004;), como aquela em que os colmos estão maduros em termos de suas características de resistência mecânica.

Altura Útil do Colmo: Definida como sendo aquela onde a espessura da parede seja no mínimo de 8 mm, maximizando dessa maneira a utilização do colmo em termos de sua altura. A espessura de 8 mm é a mínima necessária para as operações de processamento e obtenção das laminas ou ripas finais que comporão os estudos, com espessura entre 5 e 6 mm, de acordo com a experiência preliminar desenvolvida (Gonçalves et al., 2000)

Partes do Colmo ao Longo da Altura: Serão definidas três regiões consecutivas a partir da base do colmo, denominadas A, B, C, correspondentes às regiões basal, mediana e apical em relação à altura útil do colmo.

Posição através da Parede do Colmo: Serão confeccionadas amostras para as três regiões A, B, C com material proveniente de posições mais próximas possíveis da casca, buscando-se assim a região mais rica em fibras e teoricamente mais resistente ao longo da parede, sendo descartado neste momento o material proveniente das regiões mais internas da parede, mais ricas em parênquima e teoricamente menos resistentes. A parte mais externa da parede do colmo (casca) será também descartada pois a casca do bambu é coberta por camadas de cera e de sílica que a tornam impermeável, dificultando assim a colagem das ripas.

Presença de Nós: Serão confeccionadas amostras com a presença dos nós e sem a presença de nós, buscando-se definir as situações com os menores e os maiores valores de resistência.

Espessura dos Laminados/Ripas: Definida como sendo entre 5 e 6 mm, como forma de maximizar o aproveitamento em altura do colmo e garantir as condições necessárias para o processamento das ripas.

Largura dos Laminados/Ripas: Definida como sendo 20 mm (para esta espécie de bambu e suas características físicas de diâmetro e espessura de parede), como forma de se retirar o material que comporá as amostras o mais próximo possível da região mais externa da parede (região da casca), minimizando também as perdas em função da curvatura da parede.

Adesivo: Para obtenção do bambu laminado colado (blac), será utilizado o adesivo Cascorez 2590 (PVA), atualmente denominado Wonderbond 2590, com comprovada resistência e bastante utilizado para madeira. Adicionalmente para ensaios de tração e cisalhamento na lâmina de cola será utilizado o adesivo Waterbond (PVA), fornecidos pela empresa Alba, atualmente denominada Hexion (Anexo3).

Dimensões dos Corpos de Prova e Umidade: As dimensões dos corpos de prova serão baseadas nas normas de chapa de madeira compensada para o caso do material simples de bambu (laminas/ripas), e na norma de madeira para o material composto/bambu laminado colado (blac), fazendo-se as necessárias adaptações quando necessário. Todos os corpos de prova serão confeccionados com os bambus secos na Umidade de Equilíbrio.

5.2.2 ESPÉCIE DE BAMBU UTILIZADA

Dentro da coleção de espécies introduzidas no Laboratório de Experimentação com Bambu, inicialmente será utilizada o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*), com dimensões adequadas para o processamento, confecção de ripas e o desenvolvimento de produtos. Para o estudo das características físicas e mecânicas e confecção dos produtos,

serão utilizados colmos com idade entre 3 e 4 anos. A Figura 1 mostra uma moita da espécie *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante) cultivada.



Figura 1. Moita de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*)

5.3 - LOCALIZAÇÃO

Os trabalhos de campo, de processamento e confecção de produtos e de ensaios mecânicos serão realizados no Laboratório de Experimentação com Bambu, Laboratório de Processamento de Madeiras e Bambu e no Laboratório de Materiais de Construção Civil. O campus da Unesp está localizado entre as latitudes 22°15' W e 22°30' S. O solo local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, Álico-Distrófico, profundo e bem drenado. O clima é sub-tropical seco no inverno, com temperatura anual média de 21,5 °C e precipitação anual média de 1216 mm.

5.4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA

A caracterização físico mecânica do bambu, será efetuada através do estudo do material simples (ripas) e do material composto (bambu laminado colado – BLaC). Para tanto alguns parâmetros serão definidos e discutidos a seguir, baseados na experiência

anterior com o bambu e também considerando ser a pesquisa de cunho tecnológico, o permitiria agilidade na obtenção dos resultados de desempenho mecânico do material.

5.4.1 - PARTES DO COLMO A SEREM ESTUDADAS

Para o estudo das características físicas e mecânicas os colmos serão subdivididos em três regiões ou partes consecutivas a partir da base e que serão denominadas parte A (basal ou inferior), parte B (intermediária ou média) e parte C (superior ou apical), conforme se vê na Figura 2. A altura útil (Hu) do colmo a ser utilizada, será determinada como correspondente a uma espessura de parede mínima na sua parte superior (parte C) de 8 mm², que permita o processamento e obtenção de ripas ou lâminas adequadas.

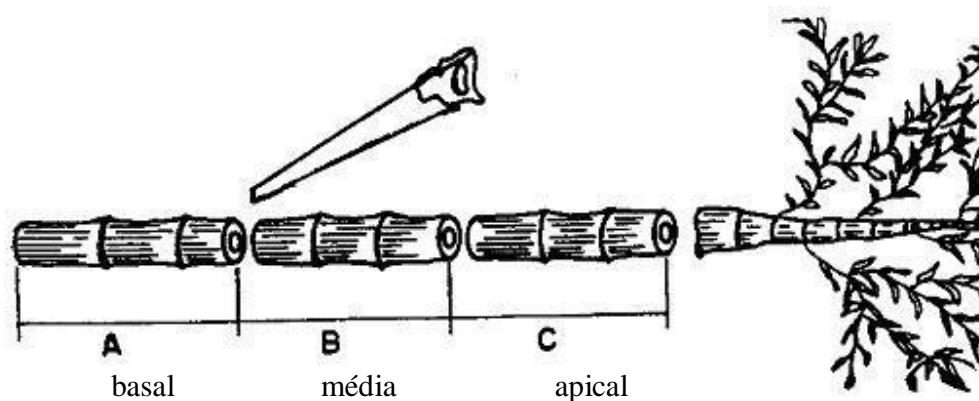


Figura 2 - Partes do colmo a serem utilizadas.

5.4.2 DIMENSÕES (ESPESSURA E LARGURA) DAS RIPAS

As ripas ou lâminas serão igualmente retiradas das partes A, B e C, mantendo-se o padrão da seção transversal 5 - 6 mm x 20 mm, ou seja, espessura de 5 a 6 mm, e largura de 20 mm, para comparação entre as três diferentes regiões do colmo.

A Figura 3 mostra esquematicamente uma seção transversal do colmo de bambu, destacando a região mais próxima a casca de onde serão retiradas as ripas.

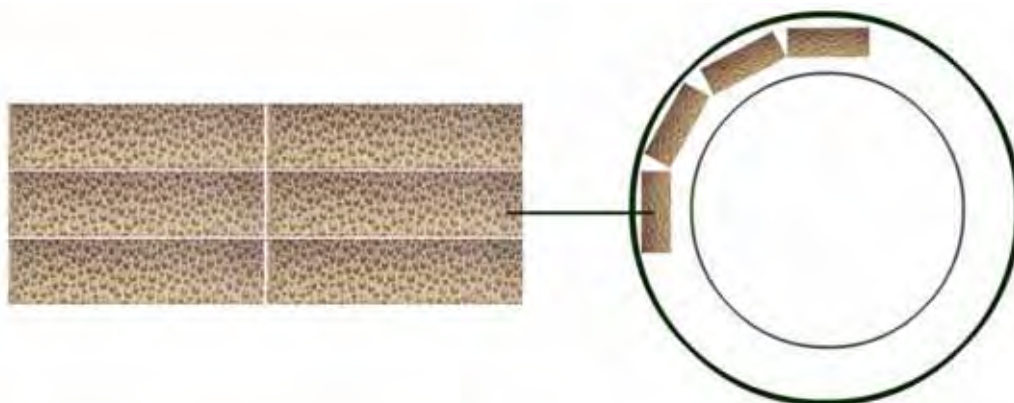


Figura 3. Esquema de localização de ripas, através da seção transversal do colmo.

5.4.3 DEFINIÇÃO ESTATÍSTICA DO NÚMERO DE CORPOS DE PROVA

Para a definição do número mínimo de unidades experimentais a serem ensaiadas para a determinação das características físicas e mecânicas do bambu, foi preliminarmente efetuada a determinação e análise da massa específica aparente, utilizando-se colmos de bambu e amostras em condições e dimensões semelhantes às aquelas que serão utilizadas na pesquisa. Para tanto, considerou-se uma amostra (piloto) aleatória de três colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus* com idade entre 3 e 4 anos, sendo feita a determinação da massa específica aparente em condições semelhantes de umidade (seco ao ar) (Anexo 1). Foram tomadas amostras das partes ou regiões A (inferior), B (intermediária) e C (superior), no total de 5 amostras para cada região. Todas as amostras continham um nó. Para comparação, foi adicionalmente determinada a massa específica de amostras sem a presença de nó, não tendo sido constatada diferença significativa entre as amostras com a presença de nó e sem a presença de nó. Ressalte-se que qualquer produto tecnológico que

venha a ser confeccionado com ripas de bambu, necessariamente deve contar com presença de pelo menos um nó.

Através da análise de variância (COSTA NETO, 2002), efetuada em cada colmo (total de 45 unidades por colmo), não se verificou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as massas específicas dos três colmos, bem como entre as diferentes alturas ou regiões do colmo, denominadas de A, B e C.

Com a amostra piloto de 45 unidades por colmo, estimou-se a dispersão (desvio padrão) da variável massa específica aparente, obtendo-se o valor $0,061 \text{ g/cm}^3$. Considerando-se admissível uma margem de erro máxima de 3% a 5% do valor real (valor desconhecido do universo) e nível de confiança mínimo de 95%, determinou-se o número mínimo de unidades, $n = 15$, a serem ensaiadas. Saliente-se que a norma brasileira para madeira (NBR 7190), considera o número mínimo de unidades $n = 12$, para a caracterização de espécies pouco conhecidas de madeira.

5.4.4 DEFINIÇÃO DAS MOITAS E COLMOS PARA CORPOS DE PROVA

Para a confecção das ripas que comporão os corpos de prova (universo), foram aleatoriamente escolhidas (sorteadas) dez moitas e também aleatoriamente dois colmos de cada moita, perfazendo um total de 20 colmos.

5.4.5 DADOS DOS COLMOS A SEREM UTILIZADOS NO ESTUDO

Cada um dos 20 colmos colhidos, terá sua altura útil (H_U) para processamento determinada e os colmos após subdivididos nas três regiões, A (basal), B (média) e C (apical) e terão adicionalmente determinadas para cada uma das três seções :

Altura útil - H_U

Diâmetro externo de entrada - D_E (duas medidas opostas)

Diâmetro externo de saída - D_S (duas medidas opostas)

Espessura da parede de entrada - E_E (quatro medidas opostas)

Espessura da parede de saída - E_S (quatro medidas opostas)

Volume útil bruto - V_U (volume de um cilindro oco)

O volume útil bruto (antes de qualquer processamento) para cada seção, é obtido como o volume de um cilindro oco, de acordo com a equação 1.

$$V_U = \pi E (D - E)$$

$$H_U \dots \dots \dots (1)$$

Onde:

V_U = Volume útil (m^3)

D = Diâmetro externo médio $D = (D_E + D_S)/2$ (m)

E = Espessura média da parede $E = (E_E + E_S)/2$ (m)

H_U = Altura útil (m)

5.4.6 PROCESSAMENTO DOS COLMOS PARA A RETIRADA E CONFECCÃO DAS RIPAS E DOS CORPOS DE PROVA.

5.4.6.1 Material simples

Após o corte e subdivisão em três partes (A, B e C), os colmos serão processados para a obtenção das ripas, da seguinte forma:

- Desdobro em serra circular destopadeira (corte transversal) de cada seção (A, B e C) em subseções com 90 cm de comprimento. O comprimento de 90 cm deve-se às dimensões do tanque para imersão e tratamento das ripas.
- Desdobro em serra circular refiladeira dupla (corte longitudinal), para obtenção de ripas com largura de aproximadamente 23 mm.
- Beneficiamento inicial em serra circular para a remoção da protuberância provocada pela presença dos nós internamente e externamente.
- Imersão das ripas em tanque com o produto Octaborato para proteção contra insetos xilófagos
- Armazenamento das ripas para secagem ao ar até a umidade de equilíbrio
- Beneficiamento final em Plaina quatro e plaina duas faces (super taquara) para a obtenção de ripas com as dimensões de 5 a 6 mm de espessura e 20 mm de largura

As Figuras 4, 5, 6 e 7 mostram os equipamentos a serem utilizados:

- Serra circular destopadeira Serra circular dupla refiladeira (Figura 5)
- Serra circular (Figura 6)
- Plaina quatro faces e plaina duas faces (Figura 7)
- Tanque para imersão/tratamento (Figura 8)



Figura 4 – Serra circular destopadeira e serra circular refiladeira dupla



Figura 5, Serra circular para a retirada dos nós



Figura 6 – Plaina quatro faces e plaina duas faces (super taquara)



Figura 7 – Tanque para imersão das ripas

5.4.6.2 Material composto – Bambu Laminado Colado (BLaC)

Para a confecção do material composto (BLaC), os corpos de prova serão obtidos pela colagem e prensagem das ripas já previamente secas ao ar (Umidade de Equilíbrio) para atendimento à norma NBR 7190, com a utilização do adesivo Cascorex 2590/Wonderbond 2590

Serão realizadas duas colagens, a primeira unindo lateralmente as ripas para obtenção da largura desejada e a segunda colagem para obtenção da espessura desejada, como mostrado nas Figuras 8 e 9.



Figura 8 – Equipamento para colagem lateral das ripas



Figura 9 - Equipamento para a colagem em espessura das ripas

5.5 - ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA

5.5.1 - CONSIDERAÇÕES

O estudo das características físicas e mecânicas do bambu será efetuado primeiramente com o material simples (ripas) e, posteriormente, com o material composto (bambu laminado colado – blac).

Na ausência de normas específicas para os ensaios com o material simples (ripas), serão propostos corpos de prova baseados e adaptados da norma de chapa compensada.

Para o material composto (blac) será adotada e seguida sem modificações a norma existente para o ensaios de madeira, notadamente madeira laminada colada.

Os procedimentos de ensaio para ambos os casos serão os mesmos previstos nas respectivas normas.

5.5.2 - MATERIAL SIMPLES

Consiste no estudo do bambu na forma de laminas ou ripas simples, seguindo as normas para chapa compensada, exceto para a tração normal, constando os seguintes ensaios:

- 1) Teor de Umidade - NBR 9484
- 2) Massa Específica Aparente - NBR 9485
- 3) Inchamento - NBR 9535
- 4) Absorção de água - Projeto de norma (<http://www.abimci.com.br/>)
- 5) Flexão estática - NBR 9533
- 6) Tração paralela – NBR 7190 – Anexo B
- 7) Compressão paralela – Projeto de norma (<http://www.abimci.com.br/>)

Adicionalmente serão feitos os ensaios de estabilidade dimensional de acordo com a norma de madeira (NBR 7190 – Anexo B), constando dos ensaios de retração e inchamento nas direções axial, radial e tangencial, para simples comparação com a norma de compensado e pelo entendimento que tal ensaio adicionará maiores informações ao material simples.

Os resultados dos ensaios mecânicos serão reportados aos teores de umidade de seus respectivos corpos de prova.

Para a determinação das características físicas serão utilizados os equipamentos prescritos pelas respectivas normas, quais sejam :

- Balança com leitura mínima de 0,01 g
- Estufa dotada de termostato
- Micrômetro com sensibilidade de leitura de 0,05 mm
- Paquímetro com sensibilidade de leitura de 0,1 mm
- Recipiente para imersão dos corpos de prova

Para execução dos ensaios mecânicos previstos será utilizada uma Máquina de Ensaio Universal DL 30.000 da Marca EMIC, com sistema de aquisição de dados, pertencente à Faculdade de Engenharia da Unesp/Campus de Bauru, como mostra a Figura 10.

5.5.2 - MATERIAL COMPOSTO (BAMBU LAMINADO COLADO – BLAC)

Consiste no estudo do bambu na forma de bambu laminado colado (BLaC), através da utilização de norma de madeira NBR 7190 – Anexo B, constando os seguintes ensaios de resistência com módulo de elasticidade:

- 1) Flexão estática
- 2) Tração paralela
- 3) Compressão paralela
- 4) Tração na lâmina de cola
- 5) Cisalhamento na lâmina de cola

Os resultados dos ensaios mecânicos serão reportados aos teores de umidade de seus respectivos corpos de prova.

Para execução dos ensaios mecânicos previstos será utilizada uma Máquina de Ensaio Universal DL 30.000 da Marca EMIC, com sistema de aquisição de dados,

pertencente à Faculdade de Engenharia da Unesp/Campus de Bauru, mostrado na Figura 10. Convém ressaltar que os programas da Máquina EMIC, serão adaptados aos corpos de prova de bambu.



Figura 10. Máquina Universal de Ensaio (EMIC)

5.6 - BREVE DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PROPOSTOS DE ACORDO COM AS NORMAS UTILIZADAS

Para os ensaios com o material simples (ripas ou lâminas), algumas adaptações poderão ser efetuadas e/ou propostas para as dimensões dos corpos de prova com bambu.

No caso do material composto (bambu laminado colado (BLaC)), a norma para madeira NBR 7190 – anexo B será seguida sem modificações quanto às dimensões dos corpos de prova.

Os procedimentos de ensaio para ambos os casos serão os mesmos previstos nas respectivas normas.

5.6.1– MATERIAL SIMPLES (RIPAS)–NORMA DE CHAPA COMPENSADA

5.6.1.1 Umidade

1- Definição

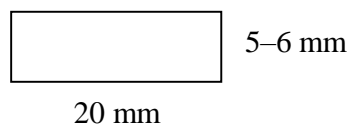
O teor de umidade é definido como a água contida no material, expressa como uma porcentagem em relação à massa seca do material.

2 - Corpo de prova

A norma de compensado prescreve a utilização de corpos de prova com dimensões tais que a sua massa seca seja no mínimo 10 g.

Para o bambu serão utilizados corpos de prova de seção transversal retangular com as dimensões 20 mm de largura e 5 a 6 mm de espessura, o comprimento será determinado em função de uma massa mínima de 10 g.

Seção transversal do corpo de prova



5.6.1.2 - Massa específica aparente

1- Definição

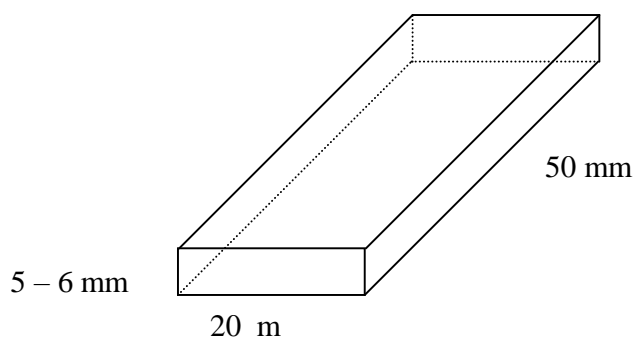
Razão entre massa expressa em gramas, do corpo de prova e seu volume, em centímetros cúbicos, determinados na mesma condição de umidade. No caso será adotada a condição de seco ao ar – Umidade de Equilíbrio

2 - Corpo de prova

A norma de compensado prescreve corpos de prova com 100 mm de comprimento (direção das fibras), por 50 mm de largura e espessura da chapa.

Para o bambu propõe-se as dimensões 100 mm de comprimento (direção das fibras), por uma seção transversal retangular com 20 mm de largura e com espessura de parede entre 5 e 6 mm.

Corpo de prova para Massa Específica Aparente



5.6.1.3 - Inchamento

1- Definição

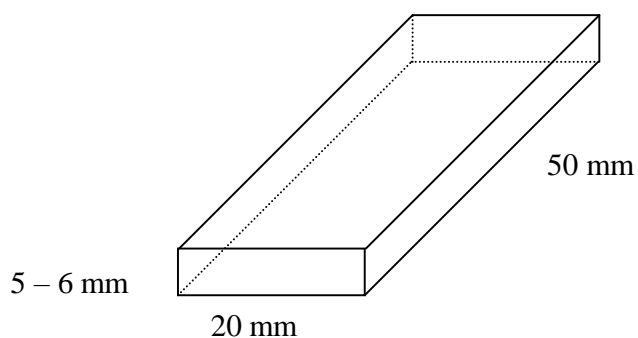
Acréscimo na espessura do material quando submetido à absorção de água.

2 - Corpo de prova

A norma de compensado prevê a utilização de corpos de prova com as dimensões 60 mm x 10 mm e espessura da chapa.

Para o bambu propõe-se as dimensões 50 mm de comprimento (direção das fibras), por uma seção transversal retangular com 20 mm de largura e com espessura entre 5 e 6 mm.

Corpo de prova para Inchamento



5.9.1.4 Absorção de água

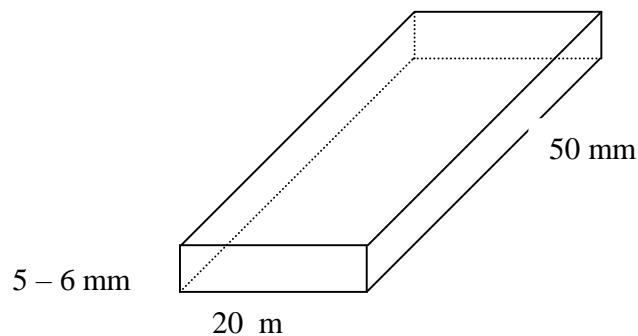
1 – Definição

Acréscimo na massa do material quando submetido à absorção de água

2 - Corpo de prova

A norma de compensado prevê corpos de prova com as dimensões 75 mm x 25 mm e espessura da chapa. Para o bambu, propõe-se as dimensões 50 mm de comprimento (direção das fibras), por uma seção transversal retangular com 20 mm de largura e com espessura entre 5 e 6 mm.

Corpo de prova para Absorção de Água



5.6.1.5 - Estabilidade dimensional

Ensaio de estabilidade dimensional serão conduzidos de acordo com a norma de madeira (NRB 7190 – Anexo B)

1 – Definição

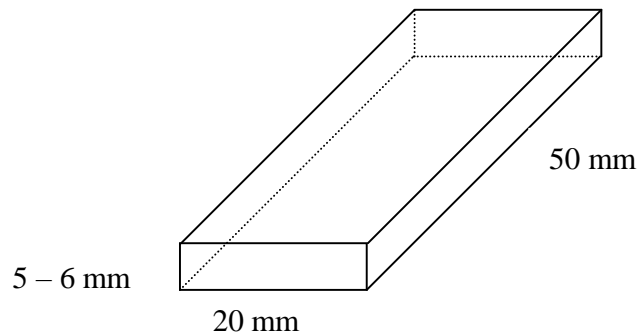
A estabilidade dimensional é caracterizada pelas propriedades de retração e de inchamento considerando o bambu assim como a madeira, um material ortótropo, com direções preferenciais 1, 2 e 3, correspondentes às direções axial, radial e tangencial, respectivamente.

2 - Corpo de prova

A norma de madeira prevê corpos de prova com as dimensões 20 mm x 30 mm x 50 mm (largura x espessura x comprimento).

Para o bambu, propõe-se as dimensões 50 mm de comprimento (direção das fibras), por uma seção transversal retangular com 20 mm de largura e com espessura entre 5 e 6 mm.

Corpo de prova para Estabilidade Dimensional



5.6.1.6 – Tração paralela às fibras

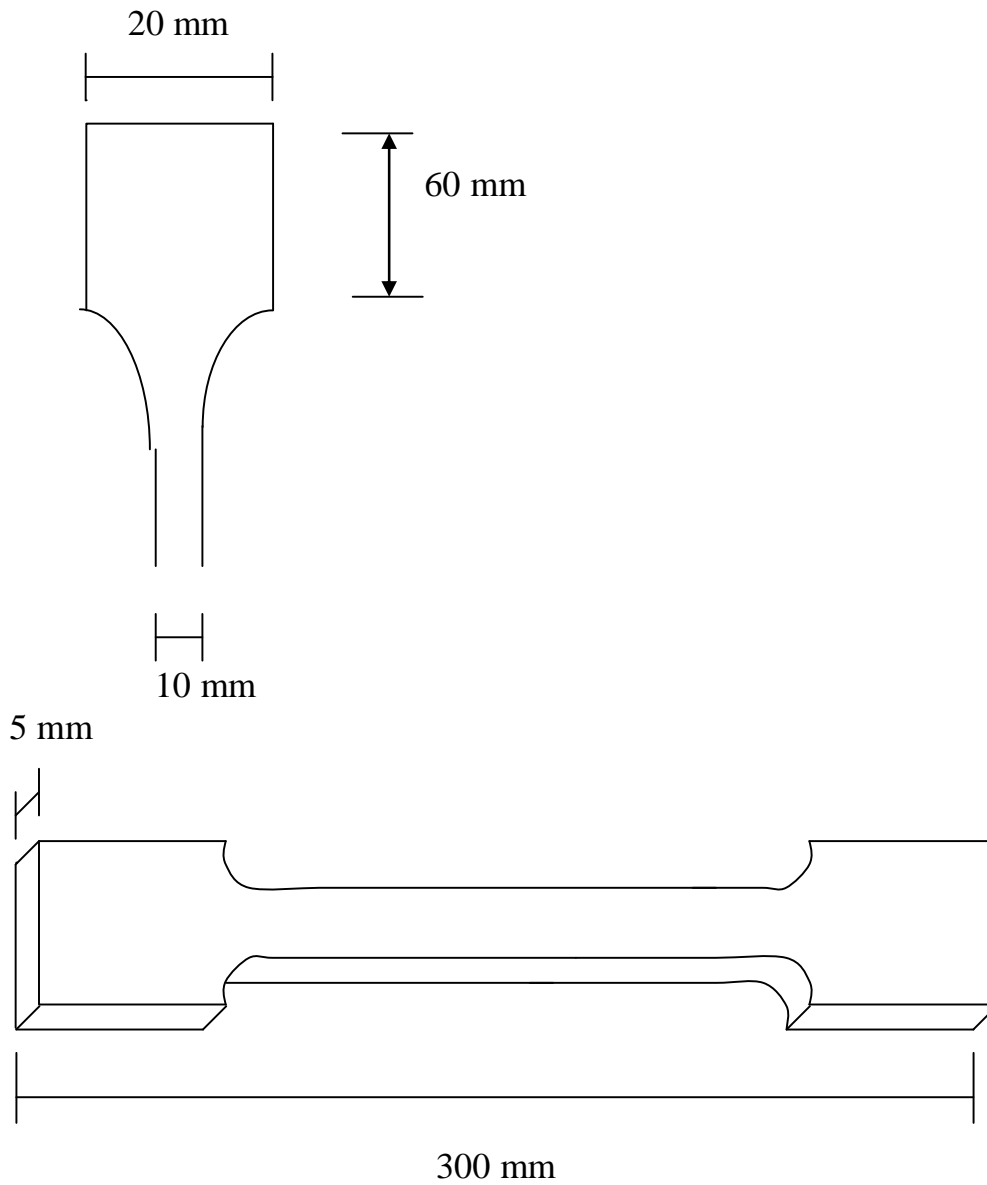
1 – Definição

Ensaio para determinação da resistência à tração paralela às fibras e do módulo de elasticidade. A resistência à tração paralela às fibras é dada pela máxima tensão de tração que pode atuar em um corpo de prova alongado com trecho central de seção transversal uniforme.

2 - Corpo de prova

O corpo de prova de tração proposto, foi adaptado da norma para madeira NBR 7190.

Corpo de prova para Tração Paralela



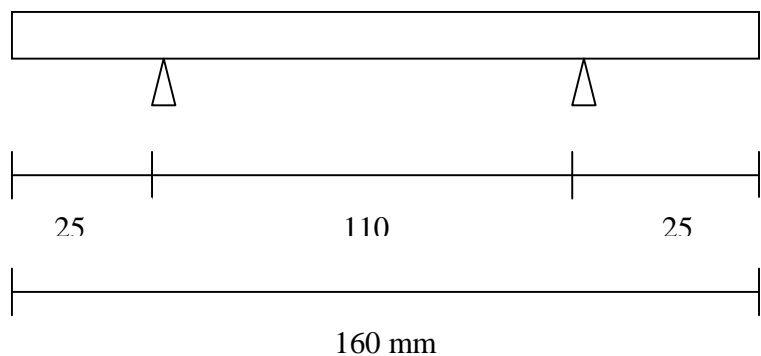
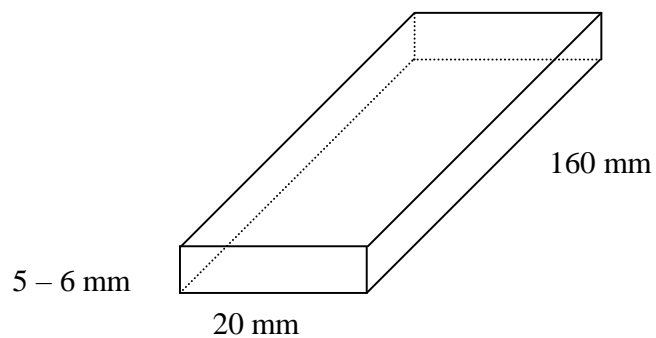
5.6.1.7 Flexão estática

.1 - Definição

Ensaio para determinação da resistência à flexão estática e do módulo de elasticidade

2 - Corpo de prova proposto

O corpo de prova proposto para o ensaio de flexão será adaptado da norma NBR 9533, específica para compensado.



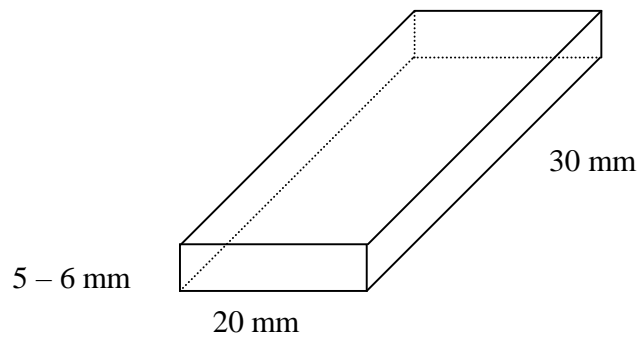
5.6.1.8 – Compressão paralela às fibras

1 – Definição

Ensaio para determinação da resistência à compressão paralela às fibras e do módulo de elasticidade.

2 - Corpo de prova proposto

O corpo de prova proposto para o ensaio de compressão de acordo com a norma para compensado, com o comprimento sugerido de 5 a 6 vezes a espessura do corpo de prova.

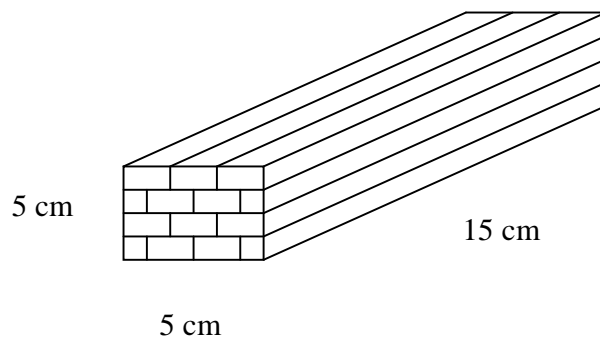


5.6.2 PARA O MATERIAL COMPOSTO - BAMBU LAMINADO COLADO

Será adotado o que prescreve a NBR 7190 – Anexo B, com respeito a procedimentos e dimensões dos corpos de prova. Os cálculos serão executados automaticamente pela máquina de ensaio EMIC. A seguir, se apresentam os ensaios e respectivos corpos de prova:

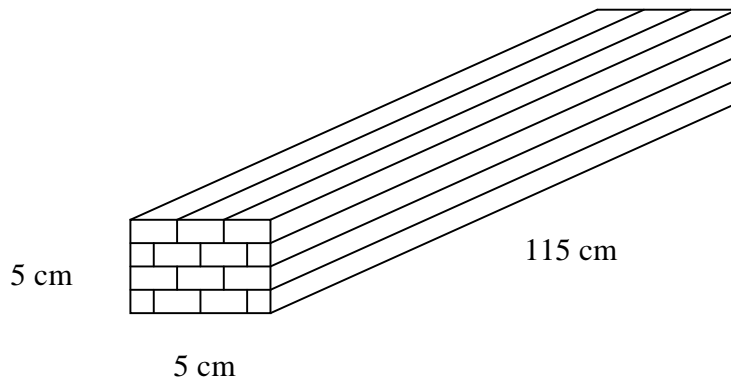
5.6.2.1 Compressão paralela às fibras

Corpo de prova para compressão



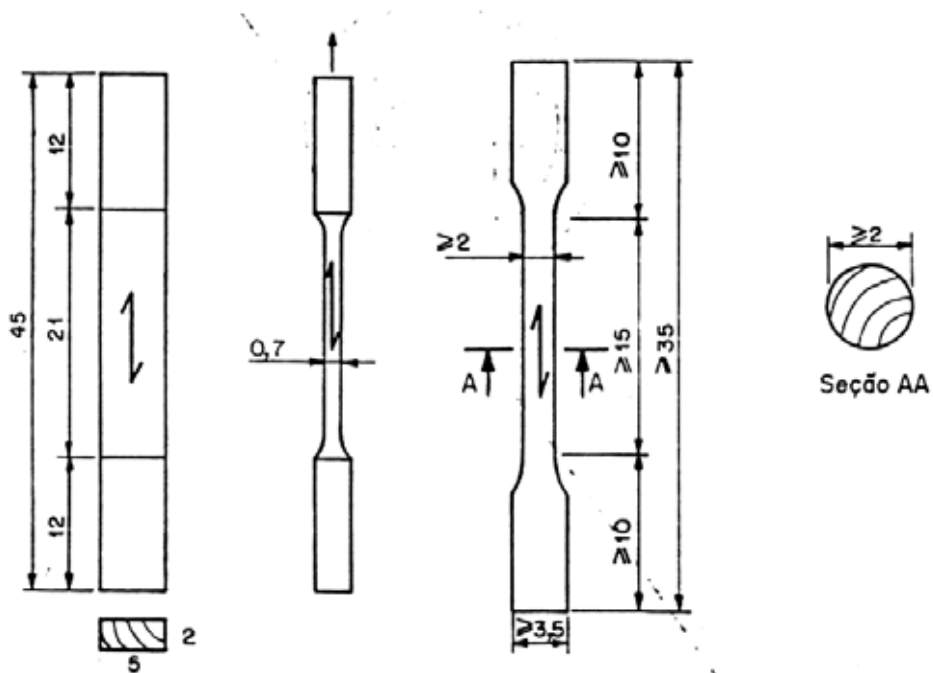
5.6.2.2 Flexão estática

Corpo de prova para flexão estática



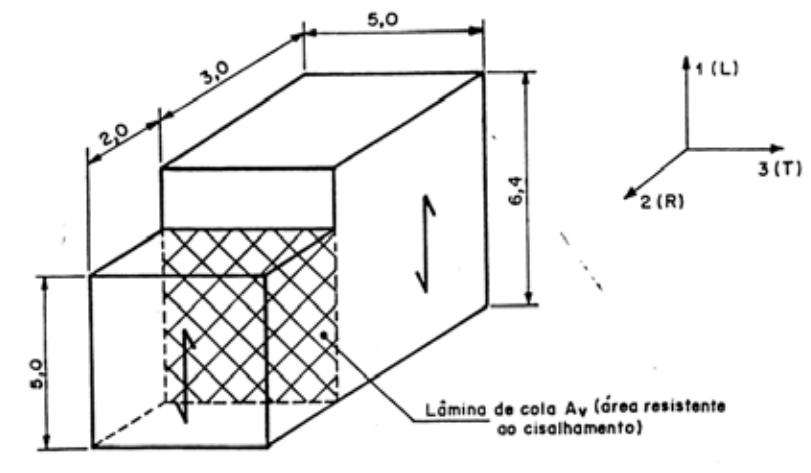
5.6.2.3 – Tração paralela

Corpo de prova e procedimentos de acordo com a norma de madeira NBR 7190



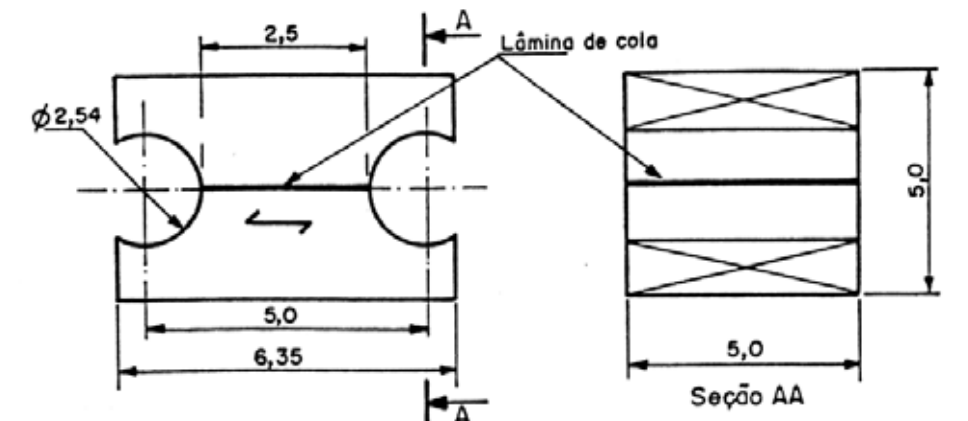
5.6.2.4 - Cisalhamento na lâmina de cola

Corpo de prova e procedimentos de acordo com a norma de madeira NBR 7190



5.6.2.5 Tração na lâmina de cola

Corpo de prova e procedimentos de acordo com a norma de madeira NBR 7190



5.7 DESENVOLVIMENTO, DIVULGAÇÃO E APLICAÇÕES

Com o estabelecimento do Projeto Bambu e para que haja sua continuidade e seu desenvolvimento, existe a necessidade de se promover ações ligadas ao fortalecimento e divulgação do projeto, bem como desenvolver ações e atividades ligadas à formação/qualificação de pessoal na cadeia produtiva do bambu, especialmente relacionadas ao desenvolvimento e à confecção de produtos. Uma interação multidisciplinar envolvendo cursos de Design e de Arquitetura, existentes no campus local em nível de graduação e pós-graduação, pode atuar positivamente neste processo tornando ao mesmo tempo o projeto e a cultura do bambu, mais visíveis. Outras atividades como cursos, palestras, projetos e elaboração de material didático podem igualmente ser importantes neste processo. Projetos para atuação em atividades de extensão com comunidades rurais são também uma forma de proporcionar visibilidade externa ao projeto e inserção social. Assim são previstas diversas ações que possam auxiliar no desenvolvimento do projeto bambu, envolvendo:

5.7.1 - PÓS-GRADUAÇÃO

Na pós-graduação se propôs à Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação (FAAC) o credenciamento para orientação e oferecimento de disciplina ligada ao bambu no curso de Design, com ementa voltada aos principais aspectos ligados a cultura do bambu.

5.7.2 – GRADUAÇÃO

Na graduação se propôs a interação com os cursos de Design e Arquitetura através da formação de um grupo permanente de alunos interessados na prática do design

com o bambu, e esta interação deverá envolver o desenvolvimento de projetos de iniciação científica (IC), conclusão de curso (TCC), extensão e outros.

5.7.3 - EXTENSÃO, SUSTENTABILIDADE E INSERÇÃO SOCIAL

Na extensão se propôs um projeto de atuação e capacitação junto à comunidade do assentamento rural “Horto de Aimorés”. O assentamento rural Horto de Aimorés, localizado na divisa dos municípios de Bauru e Pederneiras e distante 15 km da Unesp, possui cerca de 350 famílias assentadas pelo INCRA desde 2007 num modelo de ocupação individual escolhido pelos próprios moradores. A comunidade que tem como principal característica o trabalho com a terra, visando à subsistência alimentar, vem buscando alternativas de sustentabilidade, fixação ao campo e geração de renda.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 INTRODUÇÃO DE ESPECIES

Idealizado em 1990 o Projeto Bambu procurou inicialmente introduzir uma coleção de espécies de bambus de interesse econômico no campus da Unesp, para acompanhamento de seu desenvolvimento, adaptação as condições locais e fornecimento de matéria prima conhecida para os estudos subseqüentes. Primeiramente optou-se pela introdução de espécies prioritárias (INBAR, 2005) já existentes em nosso meio, bem como de outras espécies não catalogadas como prioritárias, mas de uso comum e/ou tradicional. Devido a maior facilidade de manejo e principalmente de contenção somente foram introduzidas espécies entouceirantes, como as pertencentes aos gêneros *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Guadua* e *Gigantochloa*, sendo preteridas as espécies alastrantes, como as pertencentes principalmente ao gênero *Phyllostachis*.

Embora o Brasil possua grande diversidade de espécies nativas, com aproximadamente 232 espécies (Filgueiras, 2008), estas ainda são, em sua maioria, desconhecidas em seu potencial, de difícil localização e com restrições de uso. Assim, as espécies introduzidas inicialmente são exóticas, oriundas em sua maioria de países asiáticos, as quais se encontram, em sua maioria, adaptadas e incorporadas à paisagem, com exceção do gênero *Guadua*, que é nativo da América do Sul e, da espécie *Guadua chacoensis*, que é nativa do Brasil.

A Tabela 1 apresenta as espécies introduzidas até o momento no campus da Unesp de Bauru, pelo Projeto Bambu.

Tabela 1 – Espécies introduzidas na Unesp de Bauru

ESPÉCIE	MOITAS CULTIVADAS	ORIGEM	PRIORITÁRIA
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	34	Ásia	S
<i>D. latiflorus</i>	8	Ásia	S
<i>D. strictus</i>	8	Ásia	S
<i>Guadua angustifolia</i>	50	Colombia	S
<i>G. chacoensis</i>	8	Brasil	-
<i>G. oatea</i>	2	México	-
<i>Bambusa oldhami</i>	30	Ásia	S
<i>B. vulgaris</i>	2	Ásia	-
<i>B. vulgaris v. vittata</i>	2	Ásia	-
<i>B. tulda</i>	3	Ásia	S
<i>B. nutans</i>	3	Ásia	-
<i>B. tuldoides</i>	3	Ásia	-
<i>B. multiplex</i>	1	Ásia	-
<i>B. longispicullata</i>	1	Ásia	-
<i>B. textilis</i>	1	Ásia	S
<i>B. maligensis</i>	2	Ásia	-
<i>B. ventricosa</i>	2	Ásia	-
<i>Gigantochloa verticillata</i>	3	Ásia	-
<i>Melocanna baccifera</i>	4	Ásia	S
<i>Thyrsostachis siamensis</i>	1	Tailândia	S

As Figuras 1 a 15 mostram moitas adultas de algumas espécies introduzidas na Unesp de Bauru.



Figura 1. Espécie *Dendrocalamus giganteus*



Figura 2. Espécie *Guadua angustifolia*



Figura 3. Espécie *Guadua chacoensis*



Figura 4. Espécie *Dendrocalamus latiflorus*



Figura 5. Espécie *Dendrocalamus strictus*



Figura 6. Espécie *Bambusa tulda*



Figura 7. Espécie *Bambusa textilis*



Figura 8. Espécie *Bambusa oldhami*



Figura 9. Espécie *Gigantochloa verticillata*



Figura 10. Espécie *Bambusa multiplex*



Figura 11. Espécie *Bambusa maligensis*



Figura 12. Espécies *Bambusa vulgaris* e *B. vulgaris* var. *vittata*



Figura 13. Espécie *Bambusa tuldoidea*



Figura 14. Espécie *Bambusa ventricosa*



Figura 15. Espécie *Bambusa longispiculata*

6.2 MANEJO E DESENVOLVIMENTO DAS MOITAS

6.2.1 MANEJO/COLHEITA DE COLMOS

O manejo consiste da colheita anual de colmos com idade superior a 3 anos e do inventário anual sobre o desenvolvimento das espécies/moitas cultivadas na Unesp. Dentre as várias espécies introduzidas no campus da Unesp de Bauru, as espécies *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia*, devido a sua reconhecida importância, são acompanhadas anualmente em seu desenvolvimento e apresentadas neste trabalho. Primeiramente serão apresentados os dados de manejo e desenvolvimento da espécie *D. giganteus*, introduzida no ano 1994, sendo posteriormente introduzida a espécie *G. angustifolia* no ano de 1998. Primeiramente são apresentados dados de manejo/colheitas efetuadas, sendo a seguir apresentados os dados de manejo/inventários anuais dos colmos da espécie *D. giganteus*. A cada ano os colmos são marcados com uma letra sequencial do alfabeto, o que indica sua idade real. A Figura 16 mostra a marcação adotada para a idade dos colmos.



Figura 16. Identificação da idade dos colmos

A Tabela 2 exemplifica os dados de produção obtidos para uma das moitas colhidas (23 moitas inicialmente e depois 30), para colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus*

nascidos no ano 2000 (marcados com a letra B). O **Anexo 2** apresenta os dados de produção de todas as demais moitas para três anos de colheita (2000, 2001 e 2002).

Tabela 2 - Dados dos colmos da Moita 1 – (colmos B - ano 2000)

Colmo	Peso (kg)	H (m)	DAP (cm)	D ₅ (cm)	D ₇ (cm)	D ₁₀ (cm)	Nós ₁₀	H/Cap
1	41,0	14,50	8,91	7,80	4,46	4,05	25	51,80
2	51,0	16,20	10,31	9,61	7,00	5,80	25	50,02
3	30,0	14,00	7,98	6,88	4,01	3,40	24	55,80
4	42,0	15,20	9,61	8,72	6,11	5,60	24	50,35
5	55,8	17,15	10,38	9,36	8,85	6,94	25	52,59
6	47,4	15,40	9,80	9,10	8,40	6,56	24	50,02
7	45,5	14,55	9,35	9,23	8,66	6,49	24	49,53
8	37,0	15,75	8,79	8,40	7,70	5,47	24	57,04
9	35,2	13,50	8,72	7,89	4,84	4,10	23	49,28
10	46,5	15,30	9,10	8,53	7,32	5,41	25	53,52
11	56,3	16,74	10,31	9,42	8,85	7,00	24	51,68
12	35,1	7,24*	9,36	7,70	6,40	*	*	-
Média		15,30	9,39					51,97
Biomassa	522,80							

Onde:

* Colmos com a ponta quebrada

Cap = Circunferência medida à altura do peito

Nós₁₀ = Número de nós até a altura de 10 metros

DAP = Diâmetro à altura do peito

D₅ = Diâmetro à altura de 5 m

D₇ = Diâmetro à altura de 7 m

D₁₀ = Diâmetro à altura de 10 m

H/Cap= Relação entre diâmetro e altura

Biomassa verde

As Tabelas 3, 4 e 5 resumem os dados de produção obtidos para os colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus* para três anos de produção, anos 200, 2001 e 2002.

Tabela 3 - Dados de produção, altura (H), diâmetro (DAP) e biomassa de colmos de 23 moitas nascidos no ano 2000 (colmos B)

Moita	Número colmos	DAP (cm)	H (m)	Biomassa (kg)	Relação H/CAP
1	12	9,39	15,30	522,80	51,97
2	9	8,89	14,75	314,90	53,59
3	5	7,47	11,40	133,80	50,45

4	8	8,11	12,93	221,60	53,23
5	7	7,97	13,27	237,00	52,51
6	6	9,39	14,16	235,20	49,53
7	7	8,45	13,91	279,90	53,99
8	7	6,94	11,61	197,60	54,17
9	12	9,09	15,33	490,50	52,45
10	5	9,55	15,50	173,50	52,71
11	6	7,68	11,93	178,50	56,12
12	8	8,73	13,79	255,80	53,93
13	14	9,00	15,24	543,80	54,12
14	19	9,71	15,72	727,60	53,00
15	19	9,00	14,26	549,60	52,63
16	8	8,76	14,75	281,80	52,27
17	7	7,64	13,98	173,20	54,03
18	8	10,00	18,60	361,90	55,05
19	11	10,22	16,01	470,50	51,82
20	10	10,54	17,60	421,60	52,46
21	13	9,43	15,18	445,80	54,32
22	13	9,27	16,25	490,10	55,98
23	13	9,12	14,59	489,20	52,51
Total	227			8196,20	
Média	9,87	8,88	14,61		53,17

Tabela 4 - Dados de produção, altura (H), diâmetro (DAP) e biomassa de colmos de 23 moitas nascidos no ano 2001 (colmos C).

Moita	Número colmos	DAP (cm)	H (m)	Biomassa (kg)	Relação H/CAP
1	14	18,26	10,34	799,90	56,25
2	9	16,65	9,22	408,1	57,52
3	8	15,66	8,75	355,6	57,04
4	7	16,84	9,56	356,1	56,02
5	7	16,74	9,37	305,5	55,63
6	7	17,26	9,70	337,9	56,85
7	8	17,00	9,31	364,2	57,99
8	5	16,35	8,69	216,4	59,85
9	10	18,59	10,08	520,3	58,86
10	3	16,15	9,34	133,8	55,38
11	4	17,84	9,77	235,4	58,17
12	8	16,96	9,28	357,6	58,33
13	20	18,16	10,25	1150,4	56,14
14	12	18,45	10,53	676,8	56,04
15	12	17,1	9,61	587,3	56,72
16	12	16,10	9,60	644,3	55,36
17	7	15,65	9,05	306,00	55,41
18	11	19,73	11,31	734,9	55,48
19	8	20,89	11,85	543,2	56,19
20	13	19,31	10,95	840,3	56,22

21	16	18,53	10,40	935,1	56,91
22	14	18,60	10,87	834,7	54,65
23	18	15,72	9,08	739,4	55,27
Total	233			12.383,2	
Média	10,13	17,50	9,87		56,62

Tabela 5 - Dados de produção, altura (H), diâmetro (DAP) e biomassa de colmos de 23 moitas nascidos no ano 2002 (colmos D).

Moita	Número colmos	H (m)	DAP (cm)	Biomassa (kg)	Relação H/CAP
1	13	19,8	12,07	823,7	52,3
2	10	18,4	11,55	621,0	51,3
3	5	17,4	12,46	291,6	46,8
4	3	18,3	11,80	184,0	49,5
5	8	15,9	10,14	358,0	49,9
6	6	19,4	12,25	388,0	50,4
7	7	16,9	10,73	297,5	50,7
8	6	15,4	10,05	234,0	49,5
9	11	17,7	11,43	718,9	49,4
10	3	16,6	10,50	141,5	50,2
11	5	18,9	12,39	322,6	49,2
12	6	17,3	9,50	227,5	49,7
13	13	17,1	11,24	710,8	48,4
14	10	17,9	11,88	612,7	48,2
15	9	17,5	11,49	495,8	48,4
16	6	16,8	10,25	230,7	49,7
17	9	15,8	10,89	443,5	47,3
18	8	19,0	12,95	640,1	46,7
19	5	20,6	13,38	376,6	49,17
20	9	17,2	11,64	550,9	47,1
21	11	17,2	11,35	579,1	48,5
22	15	18,3	11,74	1023,9	49,9
23	15	18,4	11,49	1071,6	51,2
Total	193			11.344,0	
Média	8,39	17,73	11,44		49,28

A Tabela 6 apresenta resumo dos dados de produção de 5 anos obtidos para os colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus*

Tabela 6 – Dados de produção, diâmetro (DAP), altura (H) e biomassa de 23 moitas.

Ano	Número de colmos	Colmos/Moita	DAP (cm)	H (m)	Biomassa (Kg)	Relação H/CAP
1998	193	8,4	6,90	11,66	4.188	-
1999	205	8,9	8,19	13,80	6.888	-
2000	227	9,9	8,88	14,61	8.196	53,17
2001	233	10,1	9,87	17,50	12.383	56,62
2002	193	8,4	11,44	17,73	11.344	49,28

Pode-se observar pela Tabela 6 que existe oscilação na produção anual de colmos, porém, em média, sempre foram produzidos mais de 8 colmos por moita. O DAP médio, a altura e a biomassa verde têm aumentado anualmente, significando ainda que não se poder afirmar que as moitas desta espécie, introduzidas no ano de 1994, tenham atingido até o ano 2002 a maturidade em termos de dimensões.

6.2.2 MANEJO/INVENTÁRIO DOS COLMOS

O manejo/inventário dos colmos nascidos a partir do ano 2003 (marcados com a letra E), 2004 (marcados com a letra F), 2005 (letra G), 2006 (letra H), 2007 (letra I), 2008 (letra J), 2009 (letra K), 2010 (letra L) e 2011 (letra M) foram efetuados anualmente acompanhando o desenvolvimento da espécie *Dendrocalamus giganteus*.

A Tabela 7 exemplifica os dados obtidos/coletados relativos ao manejo/inventário anual dos colmos do ano 2003 (letra E), mostrando o número de colmos, o DAP e estimativa de altura dos colmos. Devido a grande quantidade de dados coletados (anos 2003 a 2011), estes são mostrados no Anexo 3.

Tabela 7 - Dados da Moita 1 – Colmos ano 2003 (letra E)

Colmo	DAP (cm)	H* (m)
1	10,25	17,47
2	11,90	20,30
3	12,54	21,38

4	12,86	21,93
5	10,70	18,23
6	11,78	20,08
7	13,43	22,90
8	12,80	21,82
9	12,48	21,27
10	11,20	19,10
11	11,84	20,19
12	9,55	16,28
13	10,19	17,37
Média	11,66	19,87

A Tabela 8 exemplifica e resume as informações de manejo/inventário obtidas de 23 moitas para colmos nascidos no ano de 2003.

Tabela 8 – Resumo de dados de manejo/inventário de colmos nascidos ano 2003

Moita	Número de colmos	DAP (m)	H* (m)
1	13	11,66	19,87
2	7	10,82	18,45
3	10	9,16	15,57
4	7	11,65	19,86
5	5	10,44	17,8
6	4	11,25	19,19
7	10	10,48	17,87
8	9	8,79	14,99
9	8	11,98	20,42
10	5	11,54	19,67
11	6	10,53	17,95
12	14	9,22	15,73
13	12	11,35	19,35
14	8	12,30	20,98
15	10	10,75	18,34
16	13	10,38	17,71
17	8	13,20	22,52
18	8	12,73	21,69
19	10	12,84	21,90
20	8	13,27	22,62
21	12	13,19	22,49
22	12	10,23	17,45
23	17	12,00	20,47
Total	216		
Média		11,29	17,4**

A Tabela 9 apresenta um resumo geral de todos os manejos/inventário efetuados para a espécie *Dendrocalamus giganteus* desde o ano 1998 até o ano 2011.

Tabela 9 – Resumo de dados de manejo/inventário de colmos nascidos entre 1998 e 2011

Ano	Número de colmos	Colmos/ moita	DAP (cm)	H (m)	Biomassa (Kg)	Relação H/CAP
1998	193	8,40	6,90	11,66	4.188	53,80
1999	205	8,90	8,19	13,80	6.888	53,63
2000	227	9,87	8,88	14,61	8.196	53,17
2001	233	10,13	9,87	17,50	12.383	56,62
2002	196	8,50	11,72	17,73	11.344	49,28
2003	216	9,39	11,29	17,40	-	49*
2004	175	7,61	12,11	18,64	-	49
2005	197	8,60	11,93	18,37	-	49
2006	225	9,80	12,39	19,20	-	49
2007	100	4,50	11,82	19,10	-	49
2008	294 ⁺	9,80	12,28	19,30	-	49
2009	259 ⁺	8,60	12,70	19,90	-	49
2010	301 ⁺	10,03	13,70	21,10	-	49
2011	291 ⁺	9,70	13,62	21,00	-	49

* A partir do ano 2003, altura estimada pela relação $H = CAP \times 49$

+ A partir do ano 2008, são 30 moitas em produção

Observa-se pela Tabela 9, que existe oscilação na produção anual de colmos, porém, em média, sempre foram produzidos mais de 8 colmos por moita anualmente. Observa-se ainda, uma estabilização nas dimensões dos colmos (DAP e H) a partir do ano 2002, o que provavelmente deve significar que as moitas, após 8 anos de plantio (plantio no início de 1994), atingiram sua maturidade em termos de dimensões e produção, concordando com Liese (1998) e Kusak (1999), para os quais a maturidade deve ocorrer em torno do 7° - 8° anos após o plantio, conforme as condições locais.

As Figuras 17, 18, 19 e 20 apresentam graficamente o desenvolvimento anual das moitas da espécie *Dendrocalamus giganteus* em termos de número total de colmos, número médio de colmos por moita (N), diâmetro médio a altura do peito (DAP) e altura média (H).

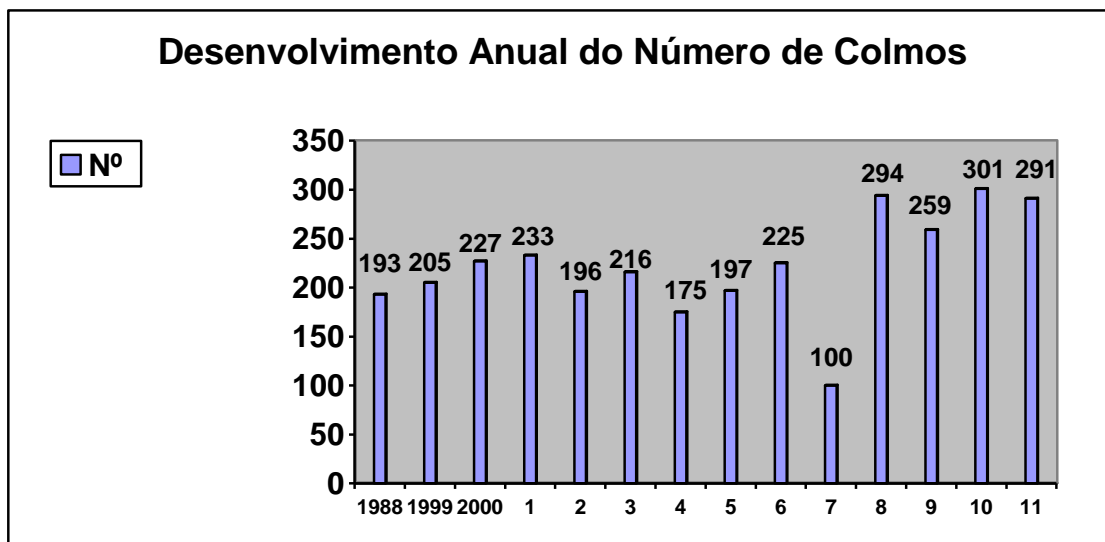


Figura 17. Desenvolvimento anual das moitas - número total de colmos.

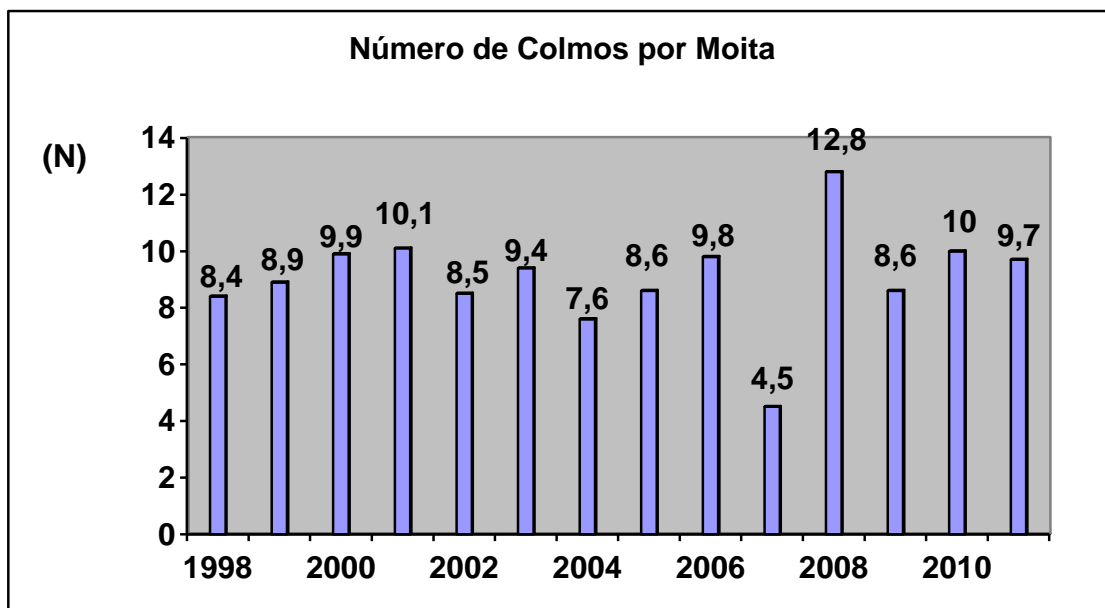


Figura 18. Desenvolvimento anual das moitas – número médio de colmos por moita (N)

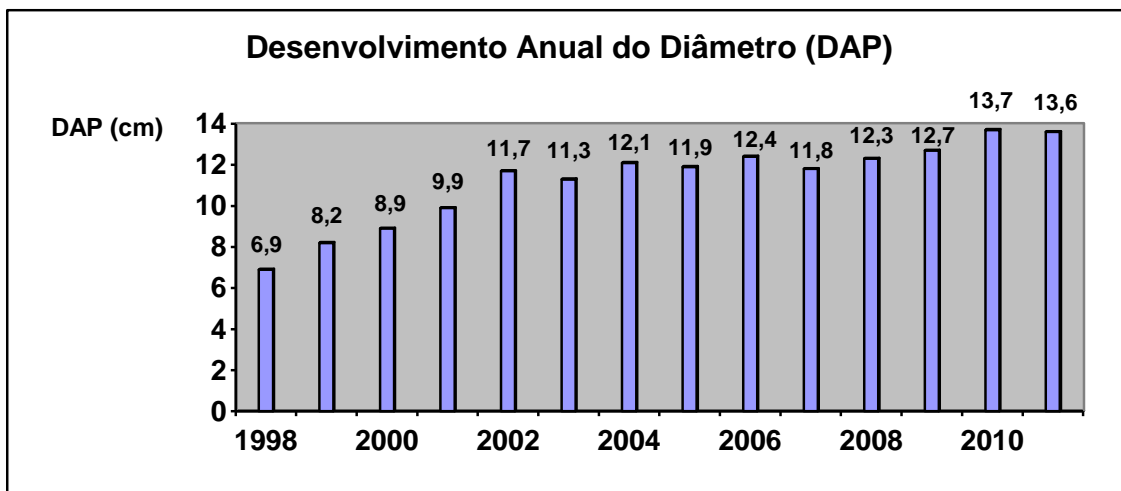


Figura 19. Desenvolvimento anual das moitas - diâmetro a altura do peito (DAP)

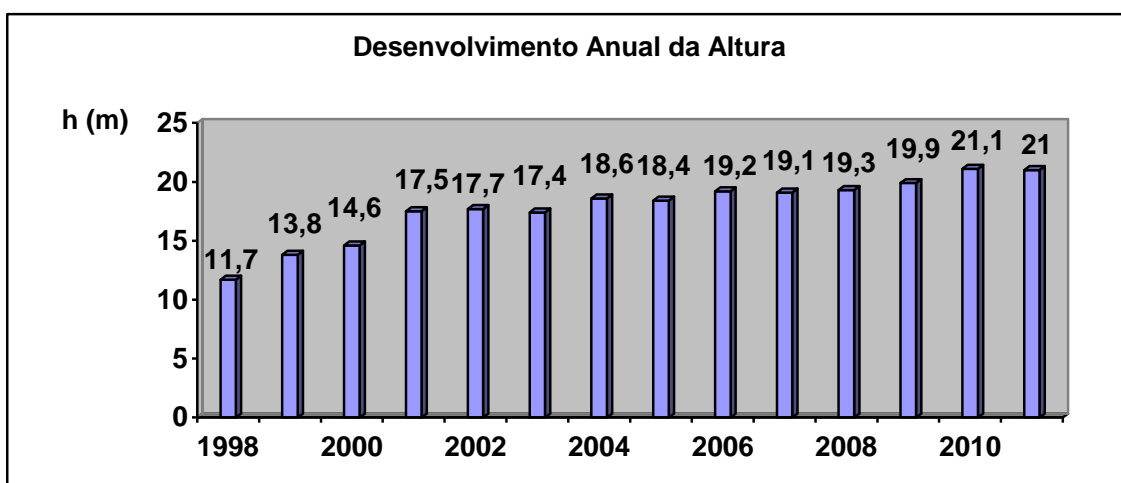


Figura 20. Desenvolvimento anual das moitas – altura média dos colmos (H)

Observa-se, pelas Figuras 17 e 18, que embora haja variação na produção anual de colmos, o que depende das condições locais, esta se mantém em média sempre acima de 8 colmos/moita/ano, confirmando dados obtidos por Liese (1998), que comentou ser a produção anual dos bambus entouceirantes da ordem de 8 a 10 colmos/moita/ano. As Figuras 19 e 20 mostram que o diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura dos colmos mostram uma tendência à estabilização a partir do ano 2002, podendo-se considerar que

após 8 anos de plantio, para as condições locais, as moitas atingiram maturidade em termos de suas dimensões .

De maneira semelhante a espécie *Guadua angustifolia*, introduzida no ano 1998, foi anualmente manejada para acompanhamento do seu desenvolvimento. A Tabela 10 apresenta um resumo geral de todos os manejos/colheita/inventário efetuados para a espécie *Guadua angustifolia* até o momento. Devido a grande quantidade de dados coletados de manejo/inventário dos anos 2005 a 2011, estes encontram-se mostrados no **Anexo 4**.

Tabela 10 – Resumo de dados de manejo/inventário de colmos nascidos entre 2005 a 2011

Ano	Número de colmos	Colmos/ moita	DAP (cm)	H* (m)
2005	253	6,5	3,9	6,0
2006	233	6,0	4,5	6,9
2007	185	4,7	5,0	7,7
2008	235	5,7	6,1	9,4
2009	226	5,0	7,0	10,9
2010	164	4,1	7,9	12,2
2011	155	3,6	8,0	12,8

As Figuras 21, 22, 23 e 24 apresentam graficamente o desenvolvimento anual das moitas da espécie *Guadua angustifolia*, em termos de número total de colmos, número médio de colmos por moita (N), diâmetro médio a altura do peito (DAP) e altura média (H)

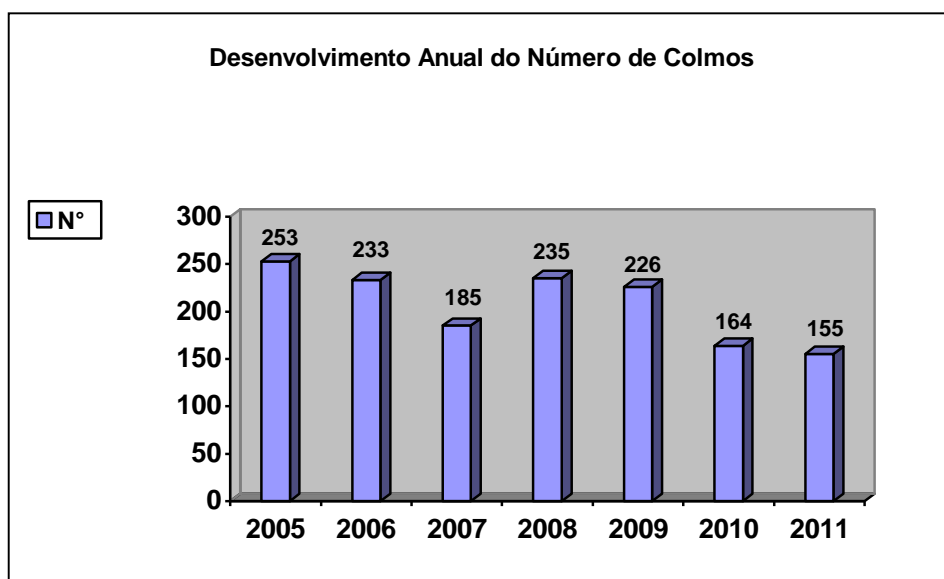


Figura 21. Desenvolvimento anual das moitas - número total de colmos.

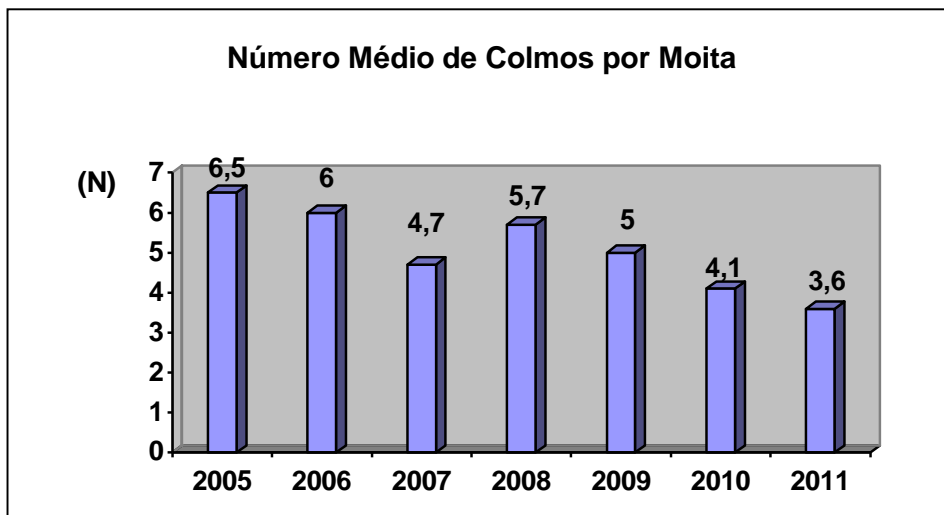


Figura 22. Desenvolvimento anual das moitas – número médio de colmos por moita (N)

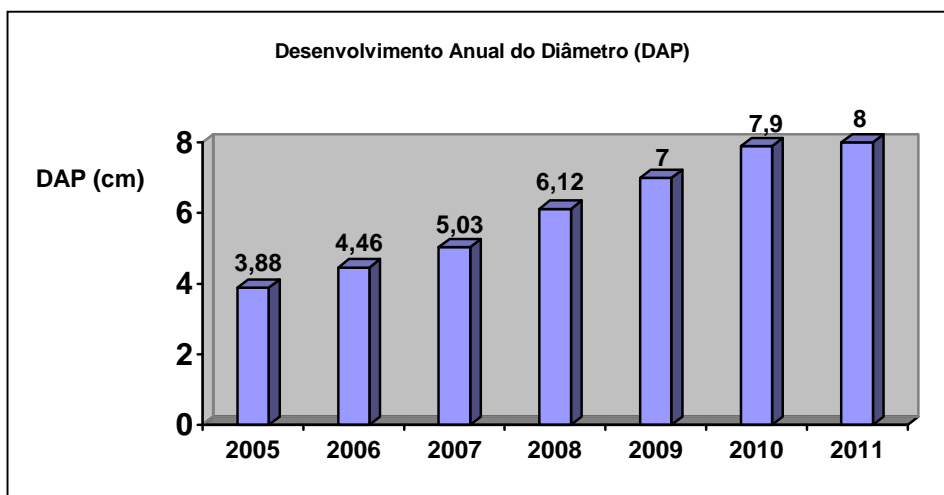


Figura 23. Desenvolvimento anual das moitas - diâmetro a altura do peito (DAP)

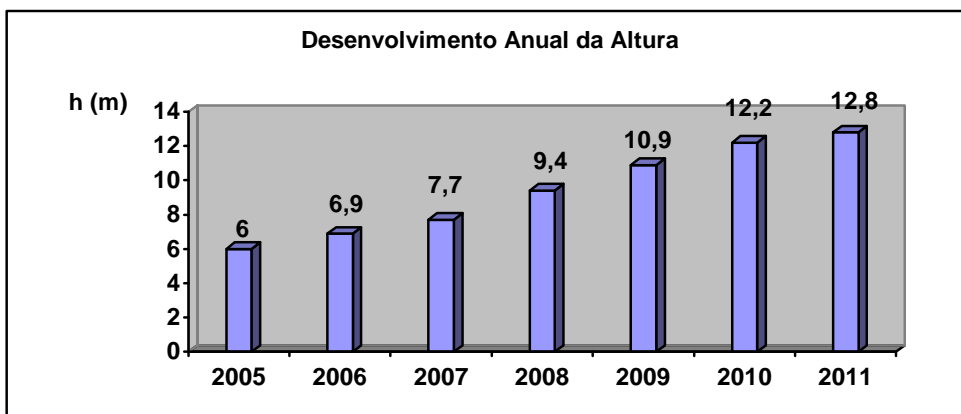


Figura 24. Desenvolvimento anual das moitas – altura média dos colmos (H)

Observa-se pelas Figuras 21 e 22 que a produção anual de colmos, assim como a produção média de colmos por moita, tem diminuído ao longo do tempo, porém apresentando colmos com maiores dimensões. As Figuras 23 e 24 mostram que o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura dos colmos mostram ainda pequena tendência de crescimento mesmo após 13 anos (plantio no ano 1998). Os dados obtidos até o momento indicam uma melhor/mais rápida adaptação da espécie *Dendrocalamus giganteus* às condições locais.

A espécie *Guadua angustifolia*, embora seja considerada uma espécie entouceirante, tem rizoma longo o que lhe confere um hábito de crescimento algo diferente da espécie *Dendrocalamus giganteus*, formando, esta última, moitas bem mais compactas. Além das diferentes adaptações às condições locais, uma possível explicação para a diferente produtividade entre as espécies, refere-se ao espaçamento de plantio utilizado, enquanto que para a espécie *D. giganteus* o espaçamento foi de 8 m x 9 m entre as moitas (aproximadamente 140 moitas por hectare), para a espécie *G.angustifolia* o espaçamento utilizado entre as moitas foi de 5 m x 5 m (aproximadamente 400 moitas por hectare), o que lhes confere, em média, uma produção anual por hectare semelhante. Ressalte-se ainda que a espécie *D. giganteus*, de origem asiática, foi introduzida no Brasil à centenas de anos, enquanto a espécie *G.angustifolia*, de origem colombiana, foi trazida diretamente para a Unesp. Em termos de tempo de plantio, a espécie *D. giganteus* foi plantada na Unesp a aproximadamente 17 anos, enquanto que a espécie *G.angustifolia* foi plantada na Unesp a aproximadamente 13 anos.

6.3 COLETA DE COLMOS PARA A CARACTERIZAÇÃO

Das trinta moitas da espécie *Dendrocalamus giganteus* existentes na Unesp, dez moitas foram sorteadas para fornecimento dos colmos à pesquisa. Dois colmos de cada moita com idade entre 3 e 4 anos foram retirados. A Tabela 11 exemplifica os dados relativos a uma moita. Devido a grande quantidade de dados, as demais moitas são mostradas no **Anexo 5**.

Tabela 11 – Dados dos dois colmos da moita 20, sorteados para a confecção de ripas

Moita 20								
								20/07/2004
Colmo	H_T (m)	H_{útil} (m)	De_m (m) 10⁻²	Ds_m (m) 10⁻²	Ee_m (m) 10⁻³	Es_m (m) 10⁻³	Nós	V (m³)
1	22,00	11,18						
Parte A		3,74	12,80	10,70	25,2	13,2	10	0,022
Parte B		3,76	10,70	10,06	13,2	11,0	9	0,013
Parte C		3,68	10,06	8,85	11,0	7,9	8	0,009
V _{útil} (m ³)	0,044							
Internós A (cm)	24,6 – 29,2 – 31,4 – 36,2 – 36,8 – 39,4 – 39,6 – 41,2 – 41,2							
Internós B (cm)	44,0 – 44,2 – 44,2 – 45,0 – 45,8 – 45,8 – 45,6 – 45,6							
Internós C (cm)	44,6 – 44,2 – 44,8 – 42,6 – 41,8 – 38,8 – 41,8							
Moita 20								
Colmo	H_T (m)	H_{útil} (m)	De_m (m) 10⁻²	Ds_m (m) 10⁻²	Ee_m (m) 10⁻³	Es_m (m) 10⁻³	Nós	V (m³)
2	20,50	11,07						
Parte A		3,69	13,43	12,03	26,92	15,07	10	0,0259
Parte B		3,69	12,03	10,76	15,07	10,61	8	0,0150
Parte C		3,69	10,76	9,29	10,61	8,46	8	0,0100
V _{útil} (m ³)	0,0509							

Internós A (cm)	27,4 – 31,4 – 34,2 – 37,0 – 38,8 – 40,8 – 42,2 – 43,2 – 44,6
Internós B (cm)	46,2 – 46,0 – 47,4 – 47,0 – 47,8 – 47,8 – 43,0
Internós C (cm)	49,8 – 49,6 – 49,2 – 48,2 – 48,4 – 46,6 – 46,2

Onde :

H_T = Altura total do colmo

$H_{\text{útil}}$ = Altura utilizável do colmo

D_{e_m} = Diâmetro médio na entrada da seção

D_{s_m} = Diâmetro médio na saída da seção

E_{e_m} = Espessura média de parede na entrada da seção

E_{s_m} = Espessura média de parede na saída da seção

Nós = Número de nós na seção

V = Volume de cada seção

$V_{\text{útil}}$ = Volume utilizável do colmo

6.4 PREPARO DOS COLMOS PARA O PROCESSAMENTO

Após o corte no campo dos colmos sorteados para comporem os corpos de prova e a obtenção dos dados, os colmos foram processados para a obtenção das ripas, através das operações de desdobro ou corte perpendicular, corte longitudinal, beneficiamento inicial, secagem e beneficiamento final das ripas, como descrito a seguir.

6.4.1 DESDOBRO PERPENDICULAR

A Figura 25 mostra a operação da serra circular destopadeira, construída e utilizada para o corte transversal ou perpendicular das seções A, B e C e obtenção de peças ainda cilíndricas com 90 cm de comprimento.



Figura 25 – Operação de desdobro ou corte perpendicular

A operação de desdobro perpendicular mostrou-se simples de executar, segura e adequada ao corte perpendicular em peças cilíndricas de 90 cm de comprimento.

6.4.2 DESDOBRO LONGITUDINAL

As Figuras 26 e 27 mostram a operação da serra circular dupla refiladeira, construída e utilizada no corte longitudinal das peças cilíndricas para a obtenção de ripas.



Figura 26 - Operação de corte longitudinal e aspecto das ripas ainda não destacadas



Figura 27 - Feixes de ripas oriundas do desdobro longitudinal e identificação utilizada.

A operação de desdobro longitudinal mostrou-se simples de executar, segura e adequada ao propósito do corte longitudinal das peças cilíndricas para a obtenção de ripas com largura de 20 mm.

6.4.3 BENEFICIAMENTO DAS RIPAS

Após a obtenção do feixe de ripas elas foram destacadas do feixe, como mostra a Figura 28.



Figura 28 – Aspecto das ripas após separação do feixe, mostrando os nós internos.

A Figura 28 mostra a presença do nó interno não removido no desdobro longitudinal, que foi removida em serra circular. A Figura 29 mostra a operação de beneficiamento para a retirada dos nós interno e externo com serra circular e a Figura 30 mostra o processamento final das ripas em plaina quatro faces e plaina duas faces.

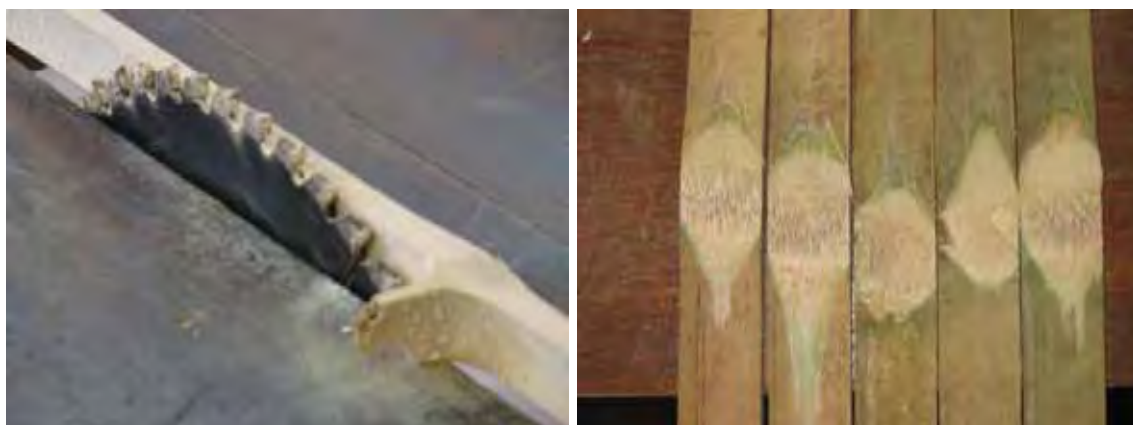


Figura 29 – Operação de beneficiamento para retirada dos nós



Figura 30. Processamento final das ripas em plainas quatro faces e plaina duas faces

6.4.4 PROTEÇÃO DAS RIPAS CONTRA INSETOS

Após a confecção das ripas e antes da secagem, estas foram protegidas contra o ataque de insetos, por meio da imersão em solução, inicialmente de uma mistura de

querosene e pentox, depois substituída por uma solução de octaborato de sódio (8%), por ser um produto mais seguro para trabalhar. A imersão se mostrou eficiente quanto a manter as ripas em condições normais, sem o ataque de brocas, até o final da secagem e confecção das ripas definitivas para os estudos. A Figura 31 mostra a proteção efetuada.

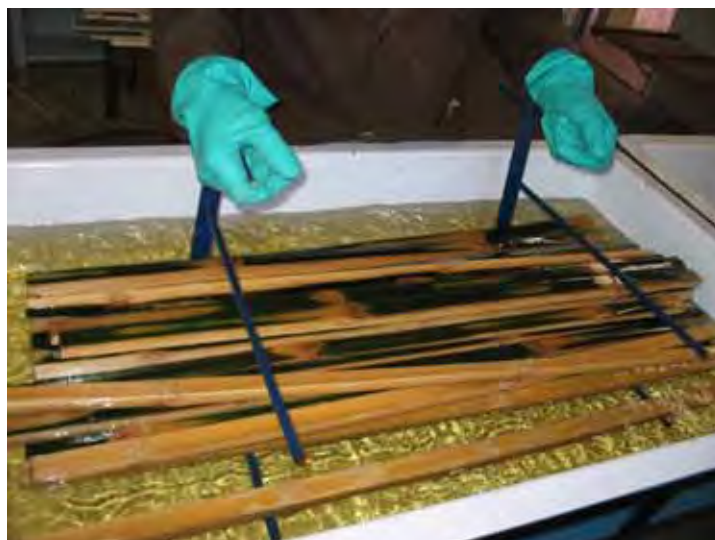


Figura 30 – Proteção das ripas contra o ataque de insetos

6.4.5 SECAGEM E ARMAZENAMENTO DAS RIPAS

A Figura 31 mostra o armazenamento das ripas para secagem até atingir a umidade de equilíbrio, da ordem de 11 a 12%. Não foram observados quaisquer defeitos nas ripas nesta etapa de secagem.



Figura 31 – Armazenamento e secagem das ripas

6.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA

6.5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO MATERIAL SIMPLES (RIPAS)

Em todos os ensaios físicos efetuados com o material simples (ripas de bambu) foram tomadas amostras das partes ou regiões A (inferior), B (intermediária) e C (superior), do colmo, sendo utilizadas para comparação, amostras com e sem a presença de nó.

6.5.1.1 Massa específica aparente

A Figura 32 mostra os corpos de prova utilizados para a determinação da massa específica aparente do material simples (ripas) com e sem a presença de nó.



Figura 32 – Corpos de prova para massa específica: sem nó (esquerda), com nó (direita)

As Tabelas 12 e 13 apresentam os resultados finais obtidos para a massa específica aparente em amostras de bambu na forma de ripas (material simples), com as respectivas umidades, nas regiões A, B e C do colmo, sem a presença de nó e com a presença deste.

Tabela 12 – Massa específica aparente – ripas de bambu sem nó

	Ripas de Bambu Sem Nó					
Amostra	Parte A		Parte B		Parte C	
	ρ (g/cm ³)	Umidade (%)	ρ (g/cm ³)	Umidade (%)	ρ (g/cm ³)	Umidade (%)
1	0,71	11,5	0,93	11,7	0,82	11,7
2	0,79	11,6	0,81	11,3	0,87	11,5
3	0,73	11,0	0,90	11,8	0,81	11,9
4	0,87	11,3	0,90	11,4	0,94	11,8
5	0,72	11,5	0,79	11,8	0,84	11,7
6	0,75	11,7	0,89	11,3	0,85	11,6
7	0,76	11,2	0,94	10,9	0,81	11,9
8	0,73	11,2	0,81	11,0	0,83	11,7
9	0,76	11,4	0,78	11,7	0,94	11,8
10	0,82	11,3	0,77	11,6	0,76	11,6
11	0,79	10,9	0,93	11,9	0,84	11,8
12	0,76	11,6	0,77	11,7	0,81	11,5
13	0,71	11,6	0,87	11,7	0,74	11,8
14	0,74	11,8	0,76	11,7	0,80	11,7
15	0,79	11,4	0,86	11,6	0,88	11,6
16	0,73	11,5	0,77	11,6	0,87	11,8
Média	0,76	11,4	0,84	11,5	0,84	11,7
Desvio	0,04		0,07		0,05	
C. V. (%)	5,3		8,3		5,9	

Por meio da análise de variância efetuada entre as partes ou regiões do colmo utilizadas (região A, região B e região C) e mostrada no Tabela 12, foi verificada uma pequena diferença na massa específica aparente para as ripas provenientes da região A, que apresentaram, em média, valores aproximadamente 10% menores quando comparados às regiões B e C.

Tabela 13 – Massa específica aparente – ripas de bambu com nó

	Ripas de Bambu Com Nó					
Amostra	Parte A		Parte B		Parte C	
	ρ (g/cm³)	Umidade (%)	ρ (g/cm³)	Umidade (%)	ρ (g/cm³)	Umidade (%)
1	0,78	10,9	0,95	12,1	0,95	11,8
2	0,84	10,9	0,91	11,4	0,92	11,7
3	0,85	11,4	0,88	11,8	0,88	11,8
4	0,88	11,2	0,99	11,5	0,88	11,6
5	0,82	11,2	0,86	11,7	0,86	11,7
6	0,85	10,9	0,99	11,4	0,99	11,8
7	0,72	11,4	0,96	11,1	0,82	11,6
8	0,87	11,6	0,83	11,2	0,83	11,5
9	0,80	11,4	0,87	12,0	0,88	12,0
10	0,88	11,6	0,89	11,6	0,95	11,5
11	0,83	11,4	0,97	11,8	0,89	11,7
12	0,74	11,6	0,87	11,6	0,89	11,6
13	0,75	11,6	0,91	11,7	0,90	11,7
14	0,86	11,9	0,86	12,0	0,93	11,7
15	0,90	11,5	0,96	11,7	0,91	12,0
16	0,78	11,3	0,85	11,8	0,92	11,6
Média	0,82	11,4	0,91	11,6	0,90	11,7
Desvio	0,05		0,05		0,04	
C. V. (%)	6,1		5,5		4,4	

Por meio da análise de variância efetuada entre as partes ou regiões do colmo utilizadas (região A, região B e região C) e mostrada na Tabela 13, foi verificada uma pequena diferença na massa específica aparente para as ripas provenientes da região A, que apresentarem, em média, valores aproximadamente 10% menores quando comparados as regiões B e C.

Observa-se que os valores da massa específica aparente nas amostras sem nó apresentaram uma variação (regiões A, B e C) entre 0,71 e 0,94 g/cm³. Nas amostras com nó, a variação foi entre 0,74 e 0,97 g/cm³.

A Tabela 14 resume os dados obtidos para a massa específica aparente em ripas de bambu, por meio da apresentação dos valores médios obtidos para cada uma das três regiões (A, B e C) do colmo estudadas e para o colmo inteiro (regiões A, B e C juntas), sem a presença de nó e com a presença deste.

Tabela 14. Valores médios da massa específica aparente em ripas de bambu

MASSA ESPECÍFICA APARENTE				
Parte do colmo	Sem nó		Com nó	
	ρ (g/cm ³)	Umidade (%)	ρ (g/cm ³)	Umidade (%)
A	0,76	11,4	0,82	11,4
B	0,84	11,5	0,91	11,6
C	0,84	11,7	0,90	11,7
Colmo	0,81	11,5	0,88	11,6
Desvio	0,07		0,06	
C.V. (%)	8,18		7,26	

Embora as amostras tenham sido retiradas das três regiões (A, B e C) de maneira idêntica e com a mesma espessura a partir da casca em direção ao centro, observa-se, pela Tabela 14, que a massa específica aparente apresentou valores cerca de 10% menores na região A em comparação com as regiões B e C, tanto para amostras sem nó como para amostras com nó. Uma possível explicação pode ser encontrada em Liese (1998) e Hidalgo Lopez (2003), que afirmaram que a massa específica aparente aumenta da base em direção ao topo devido a que os vasos condutores (recobertos por uma cobertura de fibras) se tornam menores mas em maior número ao longo da altura do colmo. Observa-se, também, que as amostras com nó para as três regiões tiveram valores significativamente maiores de massa específica aparente do que as mostras sem nó, concordando novamente com os citados autores, já que na região dos nós existe um acúmulo de vasos e fibras, inclusive transversalmente, tornando esta região mais densa.

Considerando o colmo de maneira global (regiões A, B e C juntas) observa-se um valor médio de $0,81 \text{ g/cm}^3$ para amostras sem nó e de $0,88 \text{ g/cm}^3$ para as amostras com nó, ou seja, um valor cerca de 8% maior para as amostras contendo nó.

Em comparação com outros materiais de construção o bambu na forma de ripas laminadas pode ser considerado como um material leve. Em comparação com as madeiras ele pode ser considerado como um material de média densidade, situando-se acima de madeiras coníferas nativas ou de reflorestamento como, por exemplo, Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) com $0,58 \text{ g/cm}^3$ ou *Pinus taeda* (*Pinus taeda* L.) com $0,64 \text{ g/cm}^3$, ou ainda comparável a algumas espécies de madeira dicotiledônea de reflorestamento ou nativas, como por exemplo *Eucalyptus saligna* (*Eucalyptus saligna*) com $0,75 \text{ g/cm}^3$ ou Cupiúba (*Goupia glabra*) com $0,83 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

Em relação ao bambu, Liese (1998) comentou que a massa específica aparente das diferentes espécies situa-se entre $0,5$ e $0,8 \text{ g/cm}^3$, ficando difícil uma comparação já que o valor depende da espécie, das condições locais do cultivo, da idade do colmo, da região amostrada ao longo do colmo e através da espessura da parede, da quantidade de casca deixada, do teor de umidade e do tipo de amostra utilizada, seja na forma na forma de ripas laminadas ou na forma cilíndrica natural. Ghavami (1992) em trabalho com colmos da espécie *Dendrocalamus giganteus* na forma cilíndrica relata o valor $0,80 \text{ g/cm}^3$ para massa específica aparente desta espécie.

A Figura 33 mostra a comparação gráfica dos valores médios obtidos para a massa específica aparente nas regiões A, B e C, sem a presença de nó e com a presença de nó.

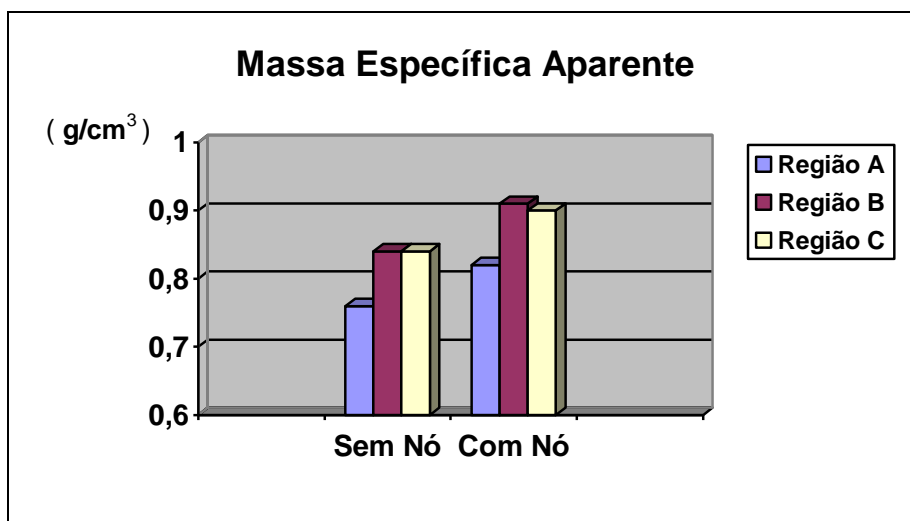


Figura 33 – Valores médios para massa específica aparente de ripas de bambu.

6.5.1.2 Absorção de água

As ripas de bambu foram ensaiadas para verificação da absorção de água, utilizando-se amostras provenientes das regiões A, B e C sem a presença de nós e com a presença de nós. A Figura 34 mostra os corpos de prova utilizados para a determinação da absorção de água do material simples (ripas), sem e com a presença de nó.



Figura 34 – Corpos de prova para absorção de água : sem nó (esquerda), com nó (direita)

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos para a absorção de água em amostras de bambu na forma de ripas, nas regiões A, B e C do colmo, com e sem a presença de nó.

Tabela 15 – Absorção de água em ripas de bambu sem nó e com nó

Amostra	Absorção de Água					
	Ripas sem nó			Ripas com nó		
	Parte A	Parte B	Parte C	Parte A	Parte B	Parte C
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	37,5	44,5	33,2	40,4	46,6	36,0
2	36,6	37,3	34,3	48,7	36,6	35,0
3	41,3	38,9	35,1	46,5	37,5	49,0
4	42,9	36,9	41,1	46,9	30,7	44,9
5	44,6	30,2	26,1	44,8	37,6	42,4
6	39,2	40,1	32,7	42,6	36,9	42,4
7	30,6	36,1	37,0	41,9	37,2	37,0
8	40,4	25,5	33,0	41,1	38,0	40,6
9	41,2	37,5	40,6	42,7	41,7	42,9
10	43,7	36,1	39,5	48,6	38,3	40,0
11	39,2	33,5	39,2	41,9	33,1	46,8
12	43,6	33,8	32,4	38,6	39,9	40,3
13	38,4	34,8	36,6	41,7	30,6	39,1
14	39,7	35,8	33,0	46,3	36,5	33,7
15	36,0	39,3	38,9	35,7	30,7	32,1
16	37,6	36,2	36,6	44,9	33,5	39,7
Média	39,5	36,0	35,6	43,3	36,6	40,1
Desvio	3,5	4,2	3,9	3,6	4,3	4,5
C.V. (%)	8,8	11,6	10,9	8,3	11,7	11,2

Por meio da análise de variância efetuada entre as partes ou regiões do colmo utilizadas (região A, região B e região C) e mostradas na Tabela 15, foi verificada pequena diferença nas ripas sem nó provenientes da região A, que apresentaram valores 9,7 % superiores às demais. Para a condição com nó houve pequena diferença na absorção de

água nas as ripas provenientes da região A que apresentaram valores em média 14% maiores.

A Tabela 16 resume os dados obtidos para a absorção de água em ripas de bambu, com a apresentação dos valores médios obtidos para cada uma das três regiões (A , B e C) do colmo estudadas e para o colmo como um todo

Tabela 16. Valores médios da absorção de água em ripas de bambu

Absorção de água		
Parte do colmo	Sem nó (%)	Com nó (%)
A	39,5	43,3
B	36,0	36,6
C	35,6	40,1
Colmo	37,0	40,0
Desvio	4,2	4,9
C.V. (%)	11,4	12,3

A Tabela 16 mostra que as amostras sem nó apresentaram um valor menor para a absorção de água do que as amostras com nó. A região A, em ambos os casos (sem nó e com nó), mostrou os maiores valores de absorção de água. Uma possível explicação é que a região A deva possuir relativamente maior quantidade de parênquima quando comparada as regiões B e C, que por serem regiões mais elevadas no colmo devem possuir relativamente maior quantidade de fibras e menor quantidade de parênquima.

Considerando o colmo como um todo (regiões A, B e C) observa-se um valor médio para a absorção de 37% para a condição sem nó e 40% para a condição com nó, ou seja, na condição com nó a absorção de água foi 7,5% superior.

A Figura 35 mostra a comparação gráfica entre os valores médios obtidos para a absorção de água nas ripas, regiões A, B e C, com a presença de nó e sem a presença de nó.

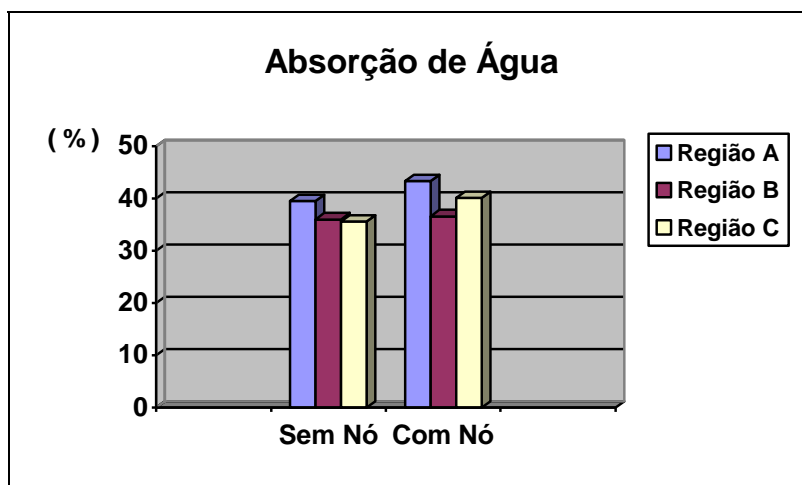


Figura 35 –Valores médios para a absorção de água em ripas de bambu sem nó e com nó

6.1.2.3 Estabilidade dimensional

As ripas de bambu foram ensaiadas para verificação da estabilidade dimensional, utilizando-se amostras das regiões A, B e C sem a presença de nós e com a presença de nós. A Figura 36 mostra os corpos de prova utilizados para a determinação. Deve-se destacar que o ensaio de inchamento utilizando norma de compensado foi substituído pelo ensaio de estabilidade dimensional utilizando a norma de madeiras NBR 7190- Anexo B.



Figura 36 – Corpos de prova. Estabilidade dimensional: sem nó (esquerda), com nó (direita).

As Tabelas 17 a 22 mostram os resultados obtidos com relação à estabilidade dimensional das ripas de bambu. Nestas tabelas são mostrados os valores da retração e do inchamento nas direções longitudinal, radial e tangencial e também os valores da variação volumétrica observados nas ripas.

Tabela 17 – Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região A sem nó.

Estabilidade dimensional – ripa parte A sem nó							
	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
Amostra	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
1	0,06	3,24	4,78	0,06	3,35	5,03	8,65
2	0,06	2,93	5,63	0,06	3,02	5,96	9,23
3	0,08	4,14	5,73	0,08	4,32	6,07	10,81
4	0,04	3,20	5,14	0,04	3,40	5,42	10,25
5	0,08	2,07	3,95	0,08	2,31	4,12	6,40
6	0,06	3,67	4,74	0,06	3,81	4,97	9,04
7	0,08	2,64	4,52	0,08	2,71	4,73	7,68
8	0,09	3,40	5,26	0,09	3,38	5,55	10,06
9	0,07	2,56	4,83	0,07	2,63	5,08	7,94
10	0,06	3,41	4,83	0,06	3,53	5,08	8,90
11	0,06	3,63	5,15	0,06	3,76	5,43	9,46
12	0,06	1,70	3,77	0,06	1,73	3,92	5,79
13	0,06	3,33	4,02	0,06	3,44	4,18	7,83
14	0,08	2,50	5,25	0,08	2,56	5,54	8,33
15	0,08	3,45	4,19	0,08	3,57	4,38	8,23
16	0,06	2,65	4,93	0,06	2,72	5,19	8,11
Média	0,07	3,03	4,80	0,07	3,14	5,04	8,54
Desvio	0,01	0,63	0,57	0,01	0,66	0,62	1,30
C.V. (%)	14,3	20,8	11,9	14,3	21,0	12,3	15,2

Tabela 18 – Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região B sem nó.

Estabilidade dimensional – ripa parte B sem nó							
	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
Amostra	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
1	0,08	2,44	2,84	0,08	2,50	2,92	5,64
2	0,07	3,80	4,92	0,07	3,94	5,17	9,47
3	0,05	1,87	5,13	0,05	1,90	5,41	7,10
4	0,07	2,08	3,92	0,07	2,12	4,08	6,39
5	0,08	3,24	5,93	0,08	3,35	6,30	10,03
6	0,08	2,15	4,40	0,08	2,20	4,60	7,05
7	0,06	2,00	4,55	0,06	2,04	4,77	7,05
8	0,07	3,42	6,04	0,07	3,54	6,43	10,33
9	0,08	1,97	4,68	0,08	2,01	4,91	7,15
10	0,06	2,51	5,14	0,06	2,58	5,41	8,20

11	0,08	3,79	5,65	0,08	3,94	5,99	10,28
12	0,07	2,07	5,50	0,07	2,12	5,82	8,23
13	0,09	2,36	4,71	0,09	2,42	4,94	7,59
14	0,08	3,32	5,94	0,08	3,44	6,31	10,12
15	0,06	2,11	4,71	0,06	2,15	4,95	7,33
16	0,08	2,75	5,64	0,08	2,82	5,98	9,06
Média	0,07	2,62	4,98	0,07	2,69	5,25	8,19
Desvio	0,01	0,66	0,81	0,01	0,70	0,90	1,46
C.V. (%)	14,3	25,2	16,3	14,3	26,0	17,1	17,8

Tabela 19 – Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região C sem nó.

Estabilidade dimensional – ripa parte C sem nó							
	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
Amostra	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
1	0,08	2,50	5,56	0,08	2,56	5,88	8,77
2	0,09	3,74	4,60	0,09	3,88	4,82	8,97
3	0,08	1,58	4,62	0,08	1,61	4,85	6,51
4	0,07	3,39	5,71	0,07	3,51	6,06	9,94
5	0,06	3,75	5,39	0,06	3,89	5,69	9,98
6	0,08	3,17	4,61	0,08	3,27	4,83	8,35
7	0,08	3,37	5,16	0,08	3,49	5,45	9,23
8	0,06	3,52	5,52	0,06	3,65	5,84	9,86
9	0,08	3,57	4,90	0,08	3,70	5,15	9,13
10	0,10	4,09	4,89	0,10	4,28	5,14	9,74
11	0,08	3,86	5,33	0,08	4,01	5,63	10,00
12	0,07	1,83	5,30	0,07	1,86	5,50	7,73
13	0,09	2,88	5,69	0,09	2,96	6,03	9,32
14	0,08	3,73	5,24	0,08	3,87	5,52	9,74
15	0,07	3,83	5,37	0,07	3,99	5,67	10,03
16	0,08	3,58	5,08	0,08	3,72	5,35	9,37
Média	0,08	3,27	5,19	0,08	3,39	5,46	9,17
Desvio	0,01	0,71	0,36	0,01	0,74	0,39	0,93
C.V. (%)	12,5	21,7	6,9	12,5	21,8	7,1	10,1

Tabela 20 – Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região A com nó.

Estabilidade dimensional – ripa parte A com nó							
	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
Amostra	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
1	0,28	2,52	5,66	0,28	2,59	6,00	8,83
2	0,24	2,65	5,97	0,24	2,73	6,35	9,32
3	0,22	2,85	5,78	0,22	2,93	6,14	9,36
4	0,26	2,84	4,11	0,26	2,92	4,29	7,46
5	0,22	3,74	5,13	0,22	3,89	5,41	9,59
6	0,18	2,11	5,58	0,18	2,15	5,91	8,40
7	0,26	2,29	5,49	0,26	2,34	5,81	8,35
8	0,26	2,27	6,21	0,26	2,32	6,62	9,22
9	0,22	4,51	4,95	0,22	4,73	5,20	10,31
10	0,25	3,62	4,90	0,25	3,76	5,16	9,26

11	0,26	3,97	4,85	0,26	4,13	5,10	9,62
12	0,22	2,56	4,31	0,22	2,63	4,51	7,36
13	0,28	2,27	5,33	0,28	2,32	5,63	8,21
14	0,24	3,66	5,62	0,24	3,80	5,95	10,11
15	0,22	3,64	5,22	0,22	3,77	5,51	9,66
16	0,24	2,46	5,44	0,24	2,52	5,75	8,59
Média	0,24	3,00	5,28	0,24	3,10	5,58	8,98
Desvio	0,03	0,73	0,55	0,03	0,77	0,61	0,84
C.V. (%)	12,5	24,3	10,4	12,5	24,8	10,9	9,3

Tabela 21 – Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região B com nó.

Estabilidade dimensional – ripa parte B com nó							
	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
Amostra	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
1	0,28	3,74	5,62	0,28	3,89	5,96	10,39
2	0,20	2,70	5,53	0,20	2,78	5,85	8,92
3	0,18	2,19	5,48	0,18	2,24	5,80	7,82
4	0,26	3,04	6,27	0,26	3,14	6,69	10,32
5	0,22	3,32	7,31	0,22	3,44	7,88	11,83
6	0,18	2,38	5,74	0,18	2,43	6,09	8,87
7	0,26	2,18	6,75	0,26	2,23	7,24	9,92
8	0,26	2,34	6,33	0,26	2,39	6,76	9,60
9	0,21	2,14	6,28	0,21	2,18	6,70	9,20
10	0,25	3,48	6,46	0,25	3,61	6,91	11,20
11	0,26	2,99	7,48	0,26	3,08	8,08	11,70
12	0,20	1,96	6,75	0,20	2,00	7,24	9,56
13	0,28	2,90	6,55	0,28	2,99	7,01	10,51
14	0,24	2,33	7,22	0,24	2,39	7,79	10,62
15	0,22	2,70	6,82	0,22	2,78	7,28	10,61
16	0,24	2,18	6,49	0,24	2,23	6,94	9,58
Média	0,23	2,66	6,44	0,23	2,74	6,89	10,04
Desvio	0,03	0,53	0,60	0,03	0,55	0,69	1,05
C.V.(%)	13,0	19,9	9,3	13,0	20,1	10,0	10,5

Tabela 22 – Retração, Inchamento e Variação Volumétrica – ripas da região C com nó.

Estabilidade dimensional – ripa parte C com nó							
	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
Amostra	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
1	0,23	2,18	6,85	0,23	2,23	7,35	10,17
2	0,21	2,51	6,81	0,21	2,57	7,30	10,41
3	0,25	3,41	7,60	0,25	3,53	8,22	12,31
4	0,25	2,71	6,90	0,25	2,79	7,41	10,68
5	0,23	2,48	5,98	0,23	2,55	6,42	10,32
6	0,25	2,53	7,10	0,25	2,59	7,64	10,71
7	0,22	3,09	6,84	0,22	3,19	7,36	11,24
8	0,19	3,23	6,88	0,19	3,34	7,39	11,13
9	0,22	2,14	7,08	0,22	2,19	7,61	10,20
10	0,25	2,89	7,04	0,25	2,98	7,58	11,06

11	0,23	3,24	8,22	0,23	3,35	8,96	12,99
12	0,19	3,21	6,98	0,19	3,32	7,51	11,29
13	0,24	2,14	6,96	0,24	2,19	7,48	10,13
14	0,23	1,45	7,02	0,23	1,48	7,55	9,54
15	0,21	2,70	6,57	0,21	2,78	7,03	10,24
16	0,21	2,72	7,32	0,21	2,79	7,90	11,09
Média	0,23	2,66	7,01	0,23	2,74	7,54	10,84
Desvio	0,02	0,51	0,46	0,02	0,53	0,52	0,85
C.V. (%)	8,7	19,2	6,6	8,7	19,3	6,9	7,8

Por meio da análise de variância efetuada entre as partes ou regiões do colmo utilizadas (região A, região B e região C) e mostradas nas Tabelas 17 a 22, não foi verificada diferença significativa na retração e inchamento axial nas ripas sem e com nó.

Para a retração e inchamento radial nas ripas com nó não houve diferença significativa entre as regiões A, B e C. Para as ripas sem nó houve uma pequena diferença para as ripas provenientes da região B que apresentaram valores em média 13% inferiores.

Para a retração e inchamento tangencial não houve diferença significativa nas amostras sem nó, havendo diferença significativa para as ripas com nó provenientes da região A que apresentaram valores em média 19% inferiores.

Para a variação volumétrica, não foi observada diferença significativa para as amostras sem nó, sendo observada diferença nas amostras com nó provenientes da região A que apresentaram valores em média 12% inferiores.

Observou-se ainda um coeficiente de variação mais elevado no ensaio de retração e inchamento na direção radial, o que pode ser relacionado ao inadequado paralelismo das amostras nesta direção o que resultou em alguma dificuldade para efetuar as medições.

A Tabela 23 resume os dados obtidos para a estabilidade dimensional em ripas de bambu, por meio da apresentação dos valores médios obtidos para cada uma das três regiões (A, B e C) do colmo estudadas, e também para o colmo como um todo, sem a presença de nó e com a presença deste

Tabela 23 – Valores médios de estabilidade dimensional em ripas de bambu

ESTABILIDADE DIMENSIONAL							
Região	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
	Sem nó						
	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
A	0,07	3,03	4,80	0,07	3,14	5,04	8,54
B	0,07	2,62	4,98	0,07	2,69	5,25	8,19
C	0,08	3,27	5,19	0,08	3,39	5,46	9,17
Colmo	0,07	2,97	4,99	0,07	3,07	5,25	8,63
Desvio	0,01	0,72	0,64	0,01	0,76	0,70	1,32
C.V (%)	16,5	24,3	12,7	16,5	24,7	13,29	15,3
Região	Retração (%)			Inchamento (%)			Volume
	Com nó						
	Axial	Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	ΔV (%)
A	0,24	3,00	5,28	0,24	3,10	5,58	8,98
B	0,23	2,66	6,44	0,23	2,74	6,89	10,04
C	0,23	2,66	7,01	0,23	2,74	7,54	10,84
Colmo	0,23	2,77	6,24	0,23	2,86	6,67	9,95
Desvio	0,03	0,62	0,91	0,03	0,65	1,03	1,20
C.V (%)	11,6	22,2	14,5	11,6	22,9	15,4	12,1

Observa-se, pela Tabela 23, que exceto para a direção radial, as variações dimensionais foram maiores nas ripas com nó. Nas direções axial e tangencial as variações dimensionais foram maiores (da ordem de 20%) nas ripas com nó, ocorrendo o inverso na direção radial (valores nas ripas sem nó são 6 % maiores). A variação volumétrica acompanhando a tendência geral observada e foi 13% maior nas ripas com nó.

Quanto à direção anatômica, observa-se que de maneira semelhante ao que ocorre nas madeiras a variação dimensional das ripas de bambu na direção radial, da ordem de 3% foi inferior àqueles na direção tangencial, da ordem de 5 a 6%, sendo praticamente desprezível na direção axial ($\leq 0,2$ %). A variação volumétrica média observada foi da ordem de 9%.

As figuras 37, 38 e 39 mostram graficamente os valores médios obtidos nas ripas de bambu, respectivamente para retração, inchamento, estabilidade dimensional e a variação volumétrica, nas regiões A, B e C do colmo, sem a presença de nó e com a presença deste

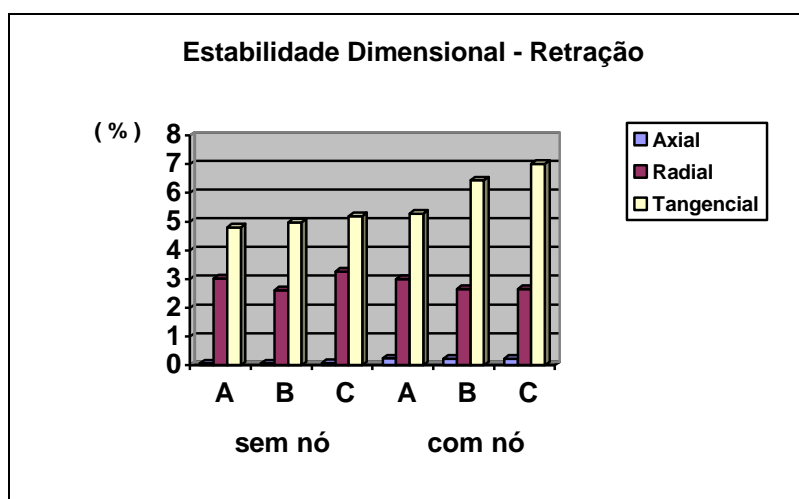


Figura 37 – Valores médios para a estabilidade dimensional – retração

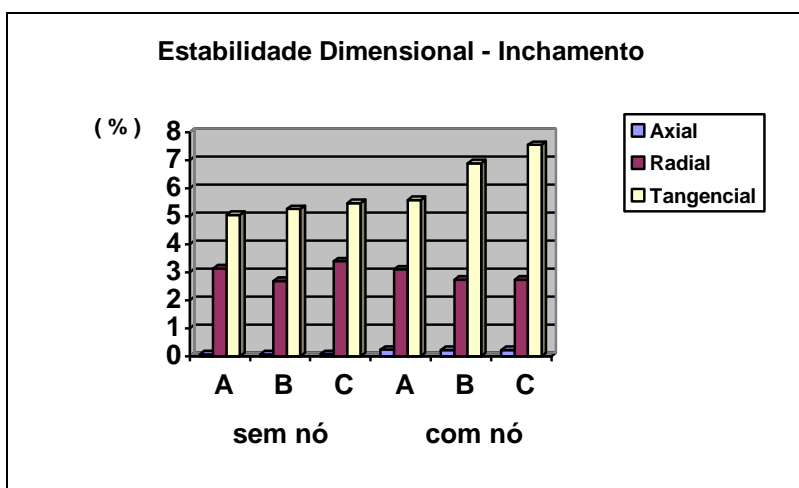


Figura 38 – Valores médios para a estabilidade dimensional – inchamento

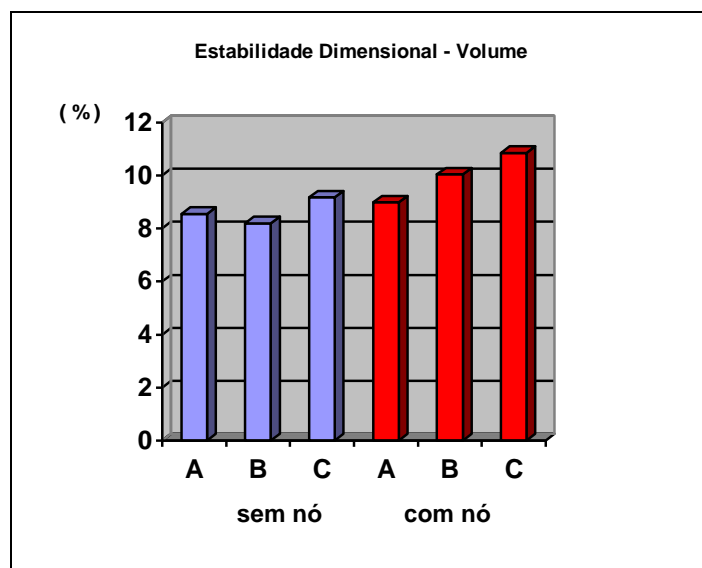


Figura 30 – Valores médios para a estabilidade dimensional – variação volumétrica

6.5.2 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO MATERIAL SIMPLES – RIPAS LAMINADAS

6.5.2.1 Compressão paralela

A Figura 40 mostra corpo de prova utilizado para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal do material bambu (ripas) à compressão, mostra ainda o corpo de prova submetido a ensaio na máquina universal. A Figura 41 mostra o padrão observado de rompimento do corpo de prova no ensaio de compressão paralela às fibras.



Figura 40 - Corpo de prova de compressão e respectivo ensaio.

A Figura 41 mostra o padrão de rompimento observado nos corpos de prova de compressão do material simples (ripas). A imagem à esquerda mostra o padrão de rompimento observado nos corpos sem nó e a imagem à direita mostra o padrão de rompimento diagonal (45° aproximadamente) observado nos corpos com nó. Observa-se ainda que o padrão de rompimento de corpos com nó,assemelha-se mais ao padrão observado em madeiras.



Figura 41 – Corpos de prova de compressão após a realização do ensaio

As Tabelas 24 e 25 mostram os valores obtidos para a resistência à compressão paralela (f_{c0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) de ripas de bambu, para cada uma das três regiões (A, B e C) do colmo estudadas, sem a presença de nó e com a presença deste, respectivamente

Tabela 24 – Valores da resistência (f_{c0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) no ensaio de compressão paralela do material simples (ripas) sem nó

Compressão – Ripas sem nó									
Amostra	Parte A			Parte B			Parte C		
	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)
1	69,5	2,3	11,9	75,1	2,8	11,8	63,1	3,1	11,8
2	73,3	2,8	11,7	75,1	2,1	12,0	70,8	3,3	12,3
3	60,5	2,1	11,9	76,0	3,3	11,9	64,1	3,3	11,8
4	63,4	2,9	11,9	76,0	3,3	11,8	56,2	2,4	11,9
5	70,9	3,0	12,1	76,1	3,0	11,9	64,8	3,2	11,7
6	69,5	3,0	11,8	66,1	2,5	12,0	78,8	3,1	12,1
7	71,2	2,5	11,9	68,0	2,9	11,7	72,2	3,3	11,8
8	61,9	2,2	12,2	68,0	3,0	11,8	72,1	3,1	11,9
9	70,4	2,9	11,9	67,3	2,6	11,9	78,0	3,3	12,3
10	71,2	2,9	12,0	76,1	2,6	11,8	82,8	3,1	12,1
11	69,5	3,1	11,8	70,1	3,1	12,0	77,1	3,5	12,0
12	74,1	2,9	11,9	66,0	2,5	11,8	64,2	2,6	11,8
13	65,0	2,7	11,8	74,0	3,1	11,8	68,1	2,5	12,2
14	68,7	2,7	12,2	71,1	3,2	11,9	84,7	3,1	11,9
15	68,1	3,4	11,8	64,0	2,5	11,7	68,2	3,4	11,8
16	68,2	2,6	11,9	64,1	2,5	11,7	79,9	3,2	12,2
Média	68,5	2,7	11,9	70,8	2,8	11,8	71,5	3,1	11,9
Desvio	3,9	0,34		4,6	0,35		7,7	0,31	
C.V (%)	5,7	12,2		6,5	12,6		10,7	9,7	

Por meio da análise de variância efetuada, não foi verificada diferença significativa na resistência à compressão nas amostras sem nó. A ausência de extensômetro nos corpos de prova foi responsável pela obtenção de valores aquém dos esperados.

Tabela 25 – Valores da resistência (f_{c0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) no ensaio de compressão paralela do material simples (ripas) com nó

Compressão – Ripas com nó									
Amostra	Parte A			Parte B			Parte C		
	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)
1	64	3,3	11,9	66	3,6	11,7	62	3,2	12,1
2	45	2,8	12,2	69	3,4	11,8	59	3,5	12,0
3	54	3,0	12,1	68	3,6	11,8	70	3,6	11,8
4	62	3,5	11,8	61	2,5	11,9	66	3,6	11,9
5	67	3,6	11,7	63	2,8	11,7	68	3,6	11,7
6	56	3,0	11,9	63	3,0	12,1	72	3,6	12,2

7	51	2,6	11,8	65	3,6	12,1	56	3,1	12,2
8	65	3,2	11,8	62	3,3	12,0	82	3,5	12,1
9	60	3,5	11,9	62	3,3	11,8	67	3,2	12,0
10	67	3,6	12,1	68	3,4	11,9	68	3,7	11,9
11	62	3,1	12,2	62	3,5	11,9	62	3,3	11,8
12	64	3,4	12,1	72	3,4	11,8	64	3,8	11,9
13	62	3,4	11,8	67	3,2	11,9	68	3,8	12,2
14	58	3,4	12,0	63	3,5	12,0	63	3,4	12,1
15	55	3,3	11,9	70	3,7	11,7	57	3,4	12,0
16	64	3,2	12,2	62	3,4	11,8	62	3,4	12,1
Média	59,1	3,2	11,9	65,4	3,3	11,9	65,6	3,5	12,0
Desvio	6,2	0,26		3,3	0,31		6,2	0,19	
C.V. (%)	10,5	8,2		5,1	9,4		9,5	5,5	

Por meio da análise de variância efetuada, não foi verificada diferença significativa no módulo de elasticidade longitudinal entre as três regiões, havendo uma pequena diferença na resistência à compressão para as ripas provenientes da região A, que apresentaram valores em média aproximadamente 9,5% inferiores aos das regiões B e C.

A Tabela 26 resume os dados obtidos para o ensaio de compressão paralela em ripas de bambu, por meio da apresentação dos valores médios da resistência (f_{c0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) para cada uma das regiões do colmo estudadas, e para o colmo inteiro (regiões A, B e C) sem a presença de nó e com a presença deste.

Tabela 26 – Valores médios das características de resistência (f_{c0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{c0}) obtidos no ensaio de compressão paralela

Compressão – Material simples (ripas)						
	Sem Nó			Com Nó		
Região do colmo	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)
A	68,5	2,7	11,9	59,1	3,2	11,9
B	70,8	2,8	11,8	65,4	3,3	11,9
C	71,5	3,1	11,9	65,6	3,5	12,0
Colmo	70,3	2,9	11,9	63,4	3,3	11,9
Desvio	5,86	0,36		5,97	0,29	

C.V. (%)	8,3	12,6		9,4	8,6	
-----------------	------------	-------------	--	------------	------------	--

Considerando o colmo inteiro (regiões A, B e C juntas), a Tabela 26 mostra que a resistência à compressão paralela às fibras foi superior nas amostras sem nó do que nas amostras com nó. Para a resistência à compressão paralela às fibras, foi obtido um valor médio de 70,3 MPa para as ripas sem nó e de 63,4 MPa para as ripas com nó, um valor aproximadamente 10% superior para ripas sem nó. Para o módulo de elasticidade longitudinal, os valores mostraram-se aquém do esperado devido a não utilização de extensômetro nos corpos de prova devido às suas dimensões. A utilização do transdutor interno da máquina universal de ensaios conduz a erros já que mede a deformação do corpo por inteiro e não na sua região mais central. Os valores de resistência à compressão paralela às fibras do bambu na forma de ripas sem presença de nós e com a presença destes, encontram-se na faixa de valores citados na literatura para o bambu em geral como sendo entre 20 e 120 MPa (Beraldo et al., 2004). Mais especificamente, para a espécie *Dendrocalamus giganteus*, são citados valores como 93 MPa (BERALDO, 1987), 40 MPa (GONÇALVES et al., 2001), 77 MPa (LIMA JR et al. 1995) e 32 a 59 MPa (GHAVAMI, 1988).

A Figura 42 compara graficamente os valores médios obtidos para a resistência no ensaio de compressão paralela às fibras, nas regiões A, B e C sem a presença de nós e com a presença de nós

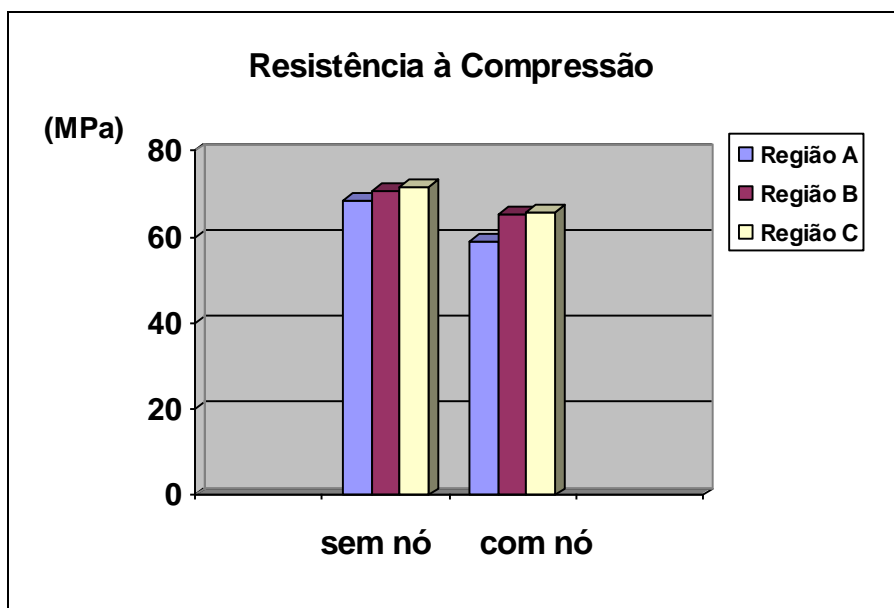


Figura 42 – Valores médios de resistência à compressão em ripas de bambu

6.5.2.2 Flexão estática

A Figura 43 mostra o corpo de prova submetido ao ensaio para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal das ripas à flexão estática. A Figura 44 mostra o padrão de rompimento do corpo de prova.



Figura 43 - Corpo de prova de flexão e respectivo ensaio.

A Figura 44 mostra o padrão de rompimento observado nos corpos de prova de flexão estática. A imagem à esquerda mostra o padrão de rompimento observado nos corpos sem nó e a imagem à direita mostra o padrão observado nos corpos com nó. O padrão geral de rompimento observado foi semelhante nas amostras com e sem nó.



Figura 44 – Corpos de prova de flexão estática após a realização do ensaio

As Tabelas 27 e 28 mostram os valores obtidos para a resistência (f_{f0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{f0}) no ensaio de flexão estática em ripas de bambu, para cada uma das três regiões (A, B e C) do colmo estudadas, sem a presença de nó e com a presença deste,

Tabela 27 – Valores da resistência (f_{f0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{f0}) obtidos no ensaio flexão do material simples – ripas sem nó

Flexão – Ripas sem nó									
Amostra	Parte A			Parte B			Parte C		
	f_{f0} (MPa)	E_{f0} (GPa)	U (%)	f_{f0} (MPa)	E_{f0} (GPa)	U (%)	f_{f0} (MPa)	E_{f0} (GPa)	U (%)
1	188	17,4	12,1	155	15,2	11,8	183	15,0	12,1
2	216	14,1	11,8	180	16,9	11,9	173	13,6	11,7
3	176	13,1	11,8	158	15,6	12,1	189	15,4	12,0
4	160	16,5	11,9	132	15,1	11,7	180	15,7	11,8
5	197	16,0	12,0	182	16,8	12,0	165	15,2	11,9
6	165	15,4	11,8	178	16,0	11,8	180	16,2	11,6
7	169	14,3	12,2	128	14,0	12,2	167	15,8	12,2
8	169	15,0	12,0	137	16,4	12,2	156	15,9	11,8

9	144	14,8	11,7	171	15,3	11,8	144	13,4	11,7
10	165	14,7	11,8	180	17,0	11,9	155	14,6	12,0
11	199	18,7	11,9	164	15,3	12,0	141	14,5	11,9
12	148	16,4	11,7	139	14,8	11,9	161	14,6	11,9
13	170	14,1	11,9	160	15,0	11,8	168	16,0	11,8
14	153	17,6	11,8	171	15,3	11,8	208	16,7	11,9
15	158	13,1	11,7	156	16,9	12,1	198	17,3	12,1
16	160	16,2	12,1	153	17,7	11,6	193	16,3	11,8
17	152	15,8	12,0	195	18,6	11,9	139	14,0	11,9
18	155	17,0	12,1						
Média	169,1	15,5	11,9	161,1	16,0	11,9	170,7	15,3	11,9
Desvio	19,4	1,6		19,3	1,2		20,2	1,1	
C.V (%)	11,5	9,9		6,1	7,5		11,8	7,1	

Tabela 28 – Valores da resistência (f_{ro}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{ro}) obtidos no ensaio flexão do material simples – ripas com nó

Flexão – Ripas com nó									
Amostra	Parte A			Parte B			Parte C		
	f_{ro} (MPa)	E_{ro} (GPa)	U (%)	f_{ro} (MPa)	E_{ro} (GPa)	U (%)	f_{ro} (MPa)	E_{ro} (GPa)	U (%)
1	132	14,6	12,0	137	11,8	11,8	109	12,4	11,8
2	102	11,7	11,8	115	14,2	12,1	92	10,7	11,7
3	108	11,1	11,9	101	13,0	12,2	96	11,4	11,9
4	101	11,4	11,9	129	11,8	12,2	105	11,2	12,0
5	107	11,7	12,2	102	12,0	12,1	102	10,7	12,0
6	121	11,4	12,1	120	15,5	12,0	102	12,2	11,9
7	163	13,3	12,0	108	12,9	11,9	100	12,3	11,8
8	105	12,4	11,9	105	12,6	11,9	102	12,0	12,0
9	136	12,5	11,8	92	12,3	11,8	97	11,1	12,1
10	114	14,1	12,2	92	12,9	11,7	92	11,5	11,9
11	117	11,0	12,2	106	11,0	11,9	90	11,4	11,8
12	108	12,2	12,0	114	13,0	11,8	138	12,6	11,9
13	108	12,9	12,1	87	11,4	11,9	132	13,4	12,0
14	107	11,8	12,2	91	11,6	12,0	138	12,6	12,0
15	130	14,2	12,0	84	10,4	12,0	136	13,2	11,8
16	109	14,5	11,8	96	10,1	11,8	117	13,1	11,9
Média	118,7	12,6	12,0	104,9	12,3	11,9	111,9	12,0	11,9
Desvio	16,7	1,2		15,1	1,3		20,2	0,9	
C.V (%)	14,0	9,5		14,4	10,9		18,0	7,3	

Por meio da análise de variância efetuada, não foi verificada diferença significativa na resistência à flexão estática e no módulo de elasticidade longitudinal nas amostras sem e com nó.

A Tabela 29 resume os dados obtidos para o ensaio de flexão estática em ripas de bambu, por meio da apresentação dos valores médios da resistência (f_{r0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{r0}) para cada uma das regiões do colmo estudadas, e para o colmo inteiro (regiões A, B e C juntas) sem a presença de nó e com a presença deste

Tabela 29 – Valores médios das características de resistência (f_{r0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{r0}) obtidos no ensaio de flexão

Flexão – Material simples (ripas)						
	Sem Nó			Com Nó		
Região do colmo	f_{r0} (MPa)	E_{r0} (Gpa)	U (%)	f_{r0} (MPa)	E_{r0} (Gpa)	U (%)
A	169,1	15,5	11,9	118,7	12,6	12,0
B	161,1	16,0	11,9	104,9	12,3	11,9
C	170,7	15,3	11,9	111,9	12,0	11,9
Colmo	167,0	15,6	11,9	112,1	12,3	11,9
Desvio	19,7	1,3		18,0	1,2	
C.V. (%)	11,8	8,3		16,1	9,4	

Considerando o colmo inteiro (regiões A, B e C juntas), a Tabela 26 mostra que os valores da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal, obtidos no ensaio de flexão estática foram mais elevados nas amostras sem nó, do que nas amostras com nó. Para a resistência à flexão, foi obtido um valor médio de 167,0 MPa para as ripas sem nó e de 112,1 MPa para as ripas com nó, um valor aproximadamente 49% superior na condição sem nó. Para o módulo de elasticidade longitudinal, o valor médio obtido foi de 15,6 GPa para as ripas sem nó e de 12,3 GPa para as ripas com nó, valor cerca de 27% superior para a condição sem nó.

Os valores obtidos para a resistência à flexão estática do bambu na forma de ripas sem presença de nós e com a presença destes, encontram-se na faixa geral de valores citados na literatura para o bambu como sendo entre 30 e 170 MPa (BERALDO et al., 2004). Mais especificamente para a espécie *Dendrocalamus giganteus*, são citados valores como 151 MPa (BERALDO, 1987), 152 MPa (LIMA JR et al., 1995), 86 a 152 MPa (GHAVAMI, 1988) e 108 MPa (GONÇALVES et al., 2001).

Os valores obtidos para o módulo de elasticidade longitudinal no ensaio de flexão estática do bambu na forma de ripas sem presença de nós e com a presença destes, se situam um pouco acima da faixa de valores citados na literatura para o bambu em geral como sendo entre 6 e 14 GPa (BERALDO et al., 2004). Mais especificamente para a espécie *Dendrocalamus giganteus*, são citados valores como 12 GPa (BERALDO, 1987) e 7 a 13 GPa (GHAVAMI, 1988).

A Figura 45 compara graficamente os valores médios obtidos para a resistência no ensaio de flexão estática, nas regiões A, B e C, sem a presença de nós e com a presença de nós

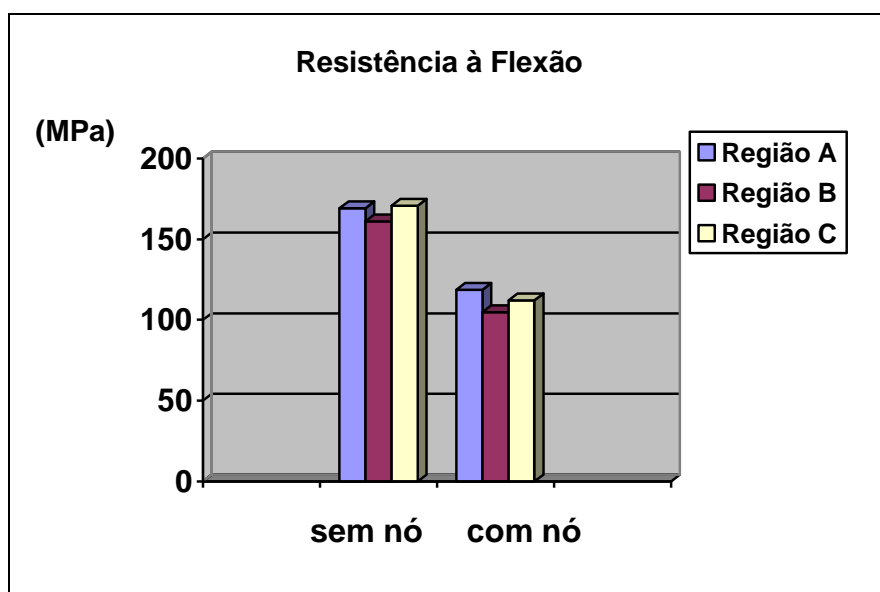


Figura 45 – Resistência à flexão estática de ripas de bambu.

A Figura 46 mostra graficamente os valores médios obtidos para o módulo de elasticidade longitudinal no ensaio de flexão estática.

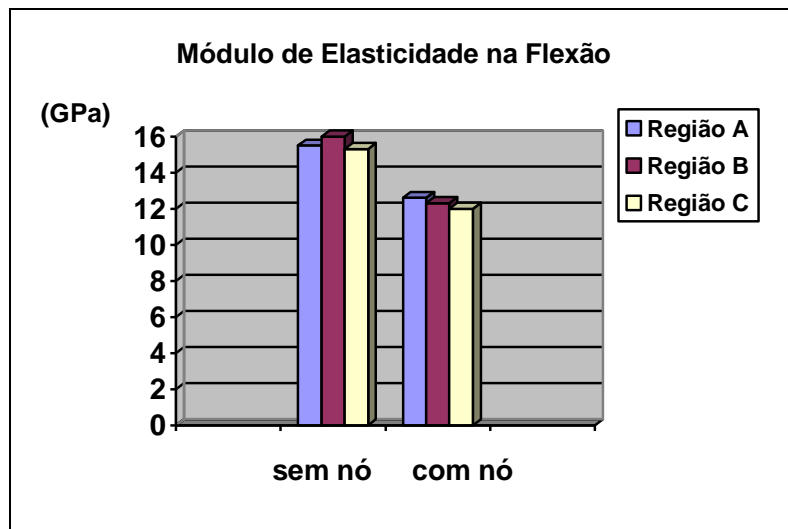


Figura 46– Módulo de elasticidade longitudinal na flexão estática em ripas de bambu

6.5.2.3 Tração paralela às fibras

A Figura 47 mostra o corpo de prova utilizado para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal do material bambu (ripas) à tração paralela às fibras e mostra ainda o corpo de prova submetido a ensaio na máquina universal. A Figura 48 mostra o padrão de rompimento dos corpos de prova após a realização do ensaio de tração.



Figura 47 - Corpo de prova de tração e respectivo ensaio, mostrando extensômetro

A Figura 48 mostra o padrão de rompimento observado nos corpos de prova de tração do material simples (ripas). A imagem à esquerda mostra o padrão de rompimento observado nos corpos sem nó e a imagem à direita mostra o padrão de rompimento observado nos corpos com nó. Observou-se que nas amostras com nó o rompimento sempre ocorreu no nó, independentemente de este estar ou não deslocado do centro.



Figura 48 – Corpos de prova de tração após a realização do ensaio

As Tabelas 30 e 31 mostram os valores obtidos para a resistência (f_{t0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) no ensaio de tração paralela às fibras em ripas de bambu,

para cada uma das três regiões (A , B e C) do colmo estudadas, sem a presença de nó e com a presença deste,

Tabela 30 – Valores da resistência (f_{t0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio de tração paralela às fibras do material simples – ripas sem nó

Tração – Ripas sem nó									
Amostra	Parte A			Parte B			Parte C		
	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (GPa)	U (%)	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (GPa)	U (%)	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (GPa)	U (%)
1	193	19,4	12,3	240	23,6	11,7	249	18,8	11,8
2	260	21,0	12,1	263	20,3	12,0	261	22,6	11,8
3	219	17,4	12,0	268	20,6	12,1	222	25,4	11,9
4	242	21,2	11,8	272	22,1	12,2	255	24,5	11,9
5	269	20,8	11,9	265	19,9	12,0	191	22,7	12,1
6	236	19,1	12,1	246	21,3	12,1	234	20,0	12,0
7	271	20,0	12,2	266	21,5	11,9	230	19,2	12,0
8	269	20,3	12,1	207	22,8	11,8	270	19,3	12,0
9	237	18,7	12,0	221	18,3	12,0	281	24,7	12,2
10	211	19,7	12,0	259	19,6	12,2	246	18,1	11,8
11	248	19,6	12,1	282	21,2	12,2	261	20,3	11,9
12	233	21,1	11,8	240	21,4	12,1	274	20,6	12,2
13	251	21,4	11,9	269	20,9	12,0	259	20,4	12,0
14	267	20,3	12,1	228	18,9	11,8	246	20,1	12,0
15	224	22,4	12,2	226	19,1	11,8	280	20,1	12,2
16	241	19,9	12,0	240	18,7	12,0	262	21,6	11,7
17	220	19,9	11,8	254	21,4	12,1	237	18,7	11,9
18	230	18,7	11,9				215	18,4	12,0
19							214	18,5	12,1
Média	240,1	20,1	12,0	250,0	20,7	12,0	246,8	20,7	11,9
Desvio	21,9	1,2		20,9	1,5		24,4	2,2	
C.V (%)	9,2	5,9		8,4	7,1		9,9	9,7	

Por meio da análise de variância efetuada não foi verificada diferença significativa na resistência e no módulo de elasticidade longitudinal obtidos no ensaio de tração paralela às fibras.

Tabela 31 – Valores da resistência (f_{t0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio de tração paralela às fibras do material simples – ripas com nó.

Tração – Ripas com nó									
Amostra	Parte A			Parte B			Parte C		
	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (Gpa)	U (%)	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (Gpa)	U (%)	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (Gpa)	U (%)
1	120	18,5	12,2	134	20,4	12,0	112	20,7	11,8
2	85	16,8	12,0	119	20,9	12,2	114	14,0	11,9
3	112	17,9	12,1	129	19,5	12,0	131	18,2	11,8
4	106	14,7	12,0	118	20,7	12,0	133	17,0	11,7
5	83	18,3	12,1	129	19,1	12,0	115	21,6	11,9
6	101	16,3	11,9	134	18,3	11,9	123	16,1	12,0
7	120	18,1	11,8	119	18,0	11,9	116	23,5	12,0
8	97	17,8	11,9	101	18,3	12,0	100	20,7	12,1
9	118	18,0	11,9	107	18,0	11,9	91	18,3	12,2
10	108	16,7	12,0	94	18,5	12,2	105	19,1	11,9
11	127	18,2	12,1	104	20,4	12,0	123	16,4	11,8
12	107	14,7	12,0	126	19,5	12,0	98	18,8	11,8
13	90	16,1	11,9	136	15,5	11,8	117	23,4	12,0
14	84	16,0	11,8	113	16,2	11,9	121	21,4	12,0
15	109	16,7	12,2	89	14,9	12,0	115	20,0	12,0
16	87	15,4	11,9	126	19,8	11,8	120	22,4	12,1
Média	103,3	16,9	11,9	117,5	18,6	11,9	114,4	19,5	12,0
Desvio	14,4	1,3		14,2	1,7		11,4	2,7	
C.V (%)	13,9	7,5		12,1	9,5		10,0	13,9	

Por meio da análise de variância efetuada foi verificada uma pequena diferença na resistência e no módulo de elasticidade para as ripas provenientes da região A, que apresentaram, em média, valores aproximadamente 12% inferiores para a resistência e para o módulo.

A Tabela 32 resume os dados obtidos para o ensaio de tração paralela às fibras em ripas de bambu, por meio da apresentação dos valores médios da resistência (f_{t0}) e do módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) para cada uma das três regiões do colmo

estudadas, e para o colmo inteiro (regiões A, B e C juntas), sem a presença de nó e com a presença deste.

Tabela 32 – Valores médios das características de resistência (f_{t0}) e módulo de elasticidade longitudinal (E_{t0}) obtidos no ensaio de tração paralela às fibras.

Tração – Material simples (ripas)						
	Sem Nó			Com Nó		
Região do colmo	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (Gpa)	U (%)	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (Gpa)	U (%)
A	240,1	20,1	12,0	103,3	16,9	11,9
B	250,0	20,7	12,0	117,5	18,6	11,9
C	246,8	20,7	11,9	114,4	19,5	12,0
Colmo	245,4	20,5	12,0	111,9	18,3	11,9
Desvio	22,5	1,7		14,5	2,2	
C.V. (%)	9,2	8,3		13,0	12,2	

Considerando o colmo inteiro (regiões A, B e C juntas), a Tabela 33 mostra que os valores da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal, obtidos no ensaio de tração paralela às fibras foram superiores nas amostras sem nó, do que nas amostras com nó. Para a resistência à tração paralela às fibras, foi obtido um valor médio de 245,4 MPa para as ripas sem nó e de 111,9 MPa para as ripas com nó, um valor aproximadamente 119% superior na condição sem nó. Para o módulo de elasticidade longitudinal, o valor médio obtido foi de 20,5 GPa para as ripas sem nó e de 18,3 GPa para as ripas com nó, valor cerca de 12% superior sem o nó.

Os valores obtidos para a resistência à tração paralela às fibras do bambu na forma de ripas sem a presença de nós e com a presença destes, se mostram na faixa de valores citados na literatura para o bambu em geral como sendo entre 40 a 215 MPa (BERALDO et al., 2004). Mais especificamente para a espécie *Dendrocalamus giganteus*, são citados

valores como 115 MPa (LIMA JR et al., 1995), 135 MPa (GONÇALVES et al., 2001) e 99 a 156 MPa (GHAVAMI, 1988).

Os valores obtidos para o módulo de elasticidade longitudinal no ensaio de flexão estática do bambu na forma de ripas sem presença de nós e com a presença destes, se situam na faixa de valores citados na literatura para o bambu em geral como sendo entre 5,5 e 18 GPa (BERALDO et al., 2004). Mais especificamente para a espécie *Dendrocalamus giganteus*, são citados valores como 11 GPa (LIMA JR et al., 1995) e entre 8 a 16 GPa (GHAVAMI, 1988).

A Figura 49 compara graficamente os valores médios da resistência obtidos no ensaio de tração, nas regiões A, B e C, sem a presença de nós e com a presença de nós.

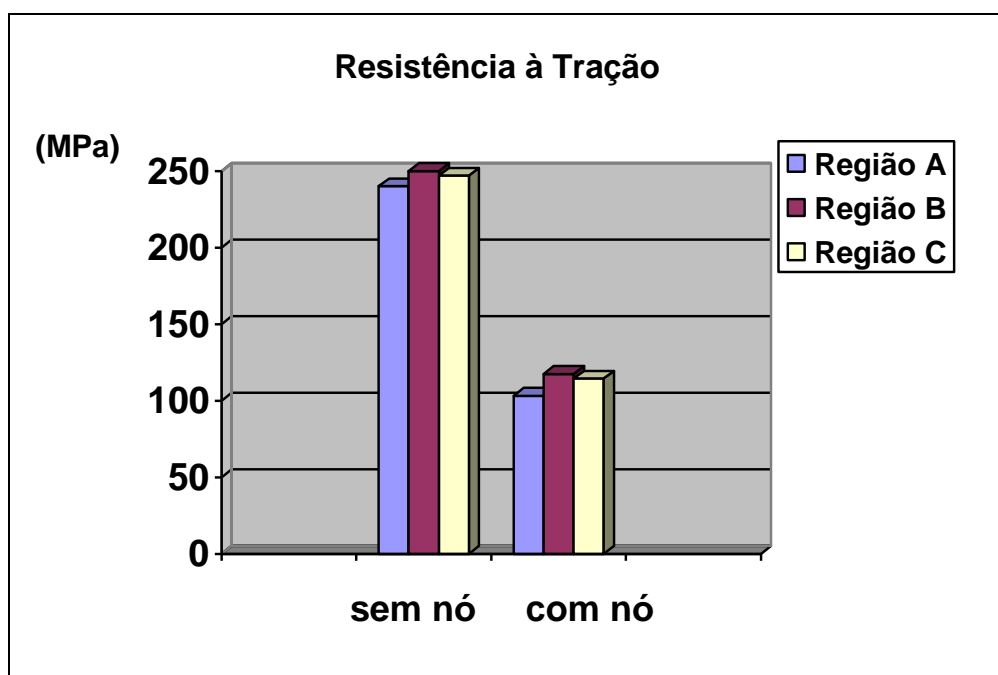


Figura 49 – Resistência à tração paralela às fibras de ripas de bambu

A Figura 50 mostra graficamente os valores médios do módulo de elasticidade longitudinal obtidos no ensaio de tração paralela às fibras, nas regiões A, B e C sem e com nó.

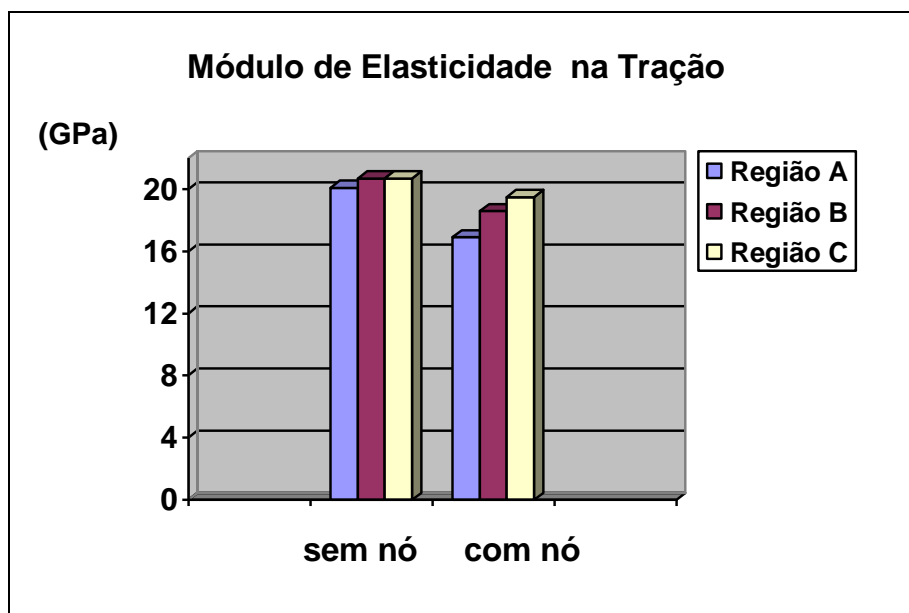


Figura 50 – Módulo de elasticidade longitudinal no ensaio de tração paralela às fibras em ripas de bambu

Considerando todos os ensaios físicos e mecânicos e a análise estatística efetuadas, observa-se que em grande parte dos ensaios não houve diferença entre as regiões A, B e C estudadas. De uma forma geral a região do colmo que mostrou uma maior variação foi a região A, muito embora esta diferença não tenha sido muito superior a 10% na maioria dos casos. Desse modo, as regiões B e C podem ser consideradas mais homogêneas em relação às características físicas e mecânicas estudadas. No entanto, de um ponto de vista prático e de aproveitamento tecnológico do colmo, pode-se considerar que as três regiões estudadas (região A, região B e região C ao longo do colmo) e processadas da mesma maneira (a partir da casca, eliminando-se a parte mais interna da parede) poderiam ser utilizadas conjuntamente, considerando assim o colmo em sua totalidade (regiões A, B e C juntas).

A Tabela 33 resume os valores médios obtidos para os ensaios de resistência e massa específica aparente considerando o colmo inteiro (valores médios das regiões A, B e C juntas), com a presença de nó e sem a presença de nó.

Tabela 33 – Características mecânicas do material simples (ripas) e massa específica considerando o colmo inteiro (regiões A, B e C)

Características mecânicas do material simples – ripas						
	Sem Nó			Com Nó		
	f_o (MPa)	E_o (GPa)	U (%)	f_o (MPa)	E_o (GPa)	U (%)
Tração	245,4	20,5	12,0	111,9	18,3	11,9
Flexão	167,0	15,6	11,9	112,1	12,3	11,9
Compressão	70,3	2,9	11,9	63,4	3,3	11,9
ρ (g/cm³) U (11,7%)	0,81			0,88		

Pode-se observar pela Tabela 33 que embora a massa específica aparente média tenha aumentado cerca de 8% com a presença do nó, todas as características mecânicas de resistência e o módulo de elasticidade sofreram uma diminuição com a presença do nó podendo-se considerar a presença do nó como um ponto fraco e de diminuição nas características de resistência das ripas.

A Figura 51 compara graficamente os valores da resistência mecânica (tensão de ruptura) do material simples (ripas), obtidos nos ensaios de compressão, flexão e tração, considerando o colmo inteiro (média das regiões A, B e C juntas).

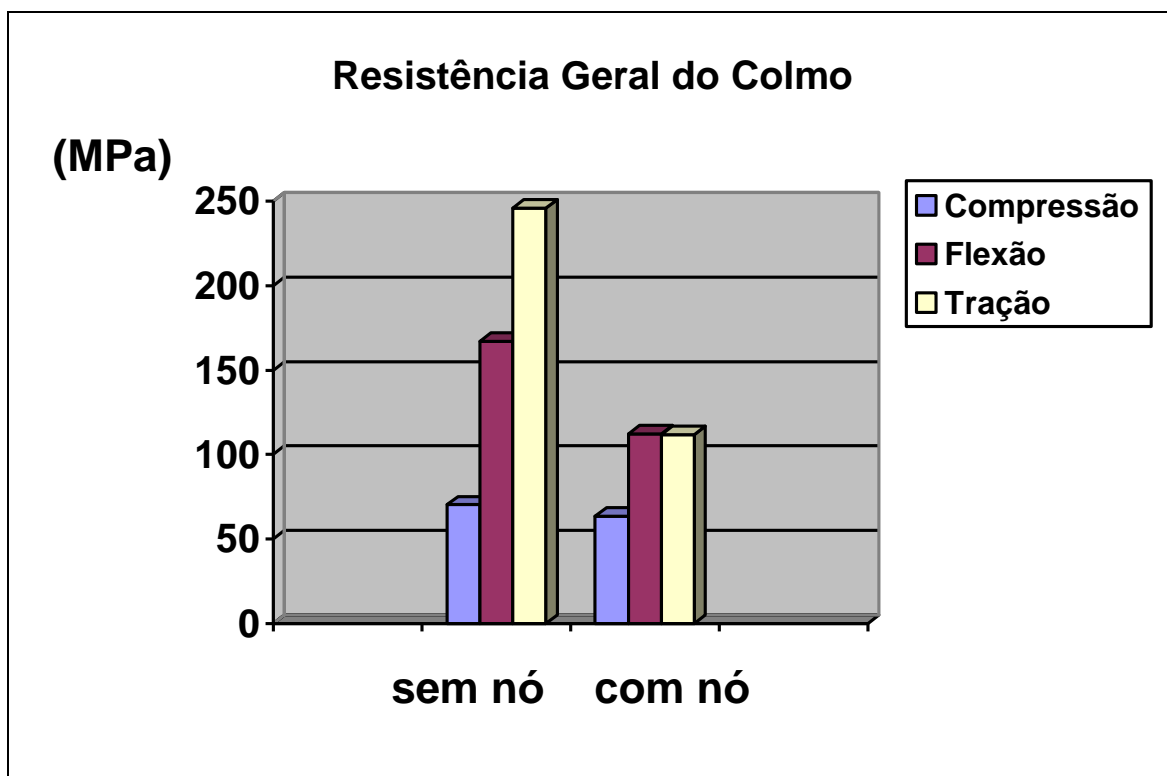


Figura 51 – Resistência geral das ripas de bambu considerando o colmo inteiro

Observa-se, da Figura 51 e da Tabela 33, que a compressão paralela às fibras é a característica mecânica que foi menos afetada pela presença do nó e que os valores da resistência à flexão e à tração paralela às fibras são similares nas ripas com nó.

A Figura 52 mostra graficamente os valores do módulo de elasticidade longitudinal do material simples (ripas), nos ensaios de compressão, flexão e tração, considerando o colmo inteiro (média das regiões A, B e C juntas).

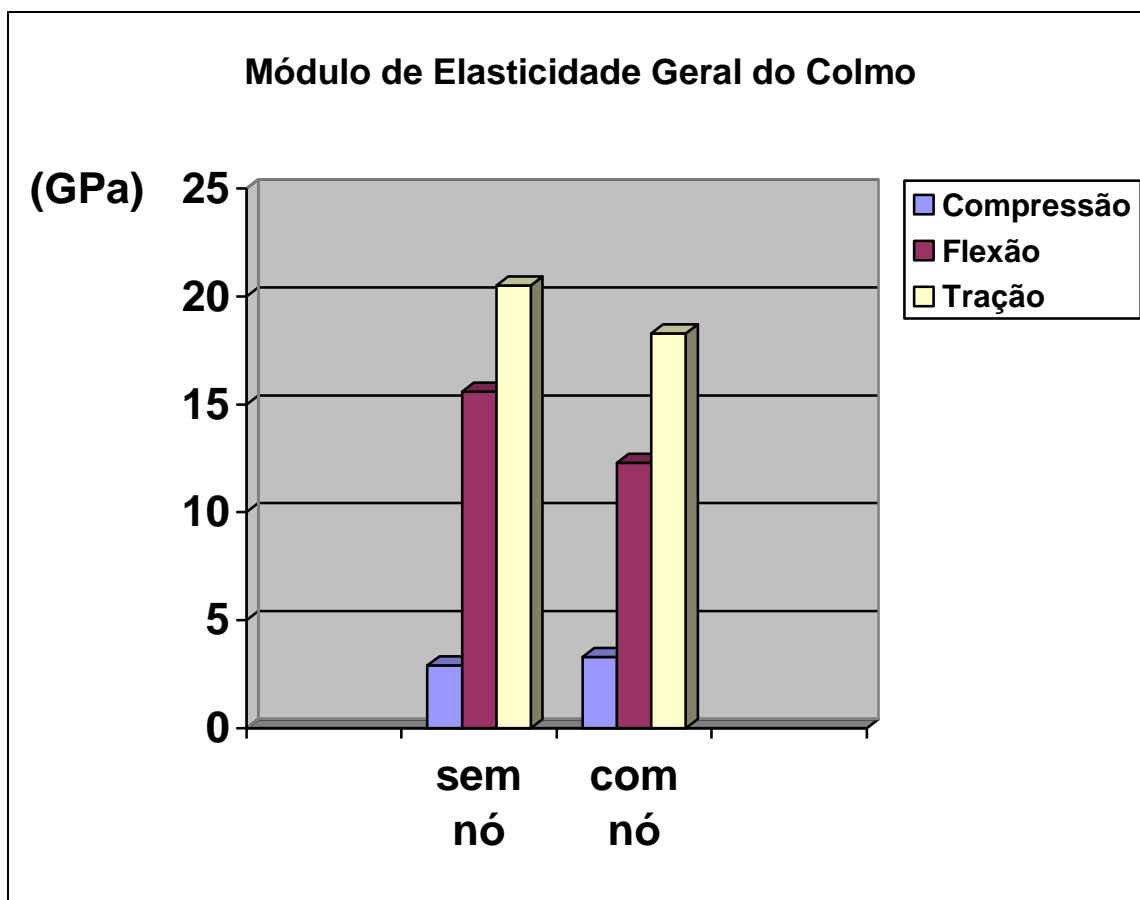


Figura 52 – Módulo de elasticidade das ripas de bambu considerando o colmo inteiro

Observa-se, da Figura 52 e da Tabela 33, que o módulo de elasticidade longitudinal não é tão afetado pela presença do nó quanto o foi a resistência. Ressalta-se que o valor do módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras mostra-se aquém do esperado, conforme comentado anteriormente.

A Tabela 34 resume e compara percentualmente as características físicas e mecânicas do material simples (ripas), na condição sem nó e com nó.

Tabela 34– Características físicas e mecânicas das ripas sem e com a presença de nós

Característica Física	Sem Nó	Com Nó	Variação (%)
Massa Específica	0,81 (g/cm ³)	0,88 (g/cm ³)	+ 8,6
Absorção de Água	37 (%)	40 (%)	+ 8,1
Retração Axial	0,07 (%)	0,23 (%)	+ 228,0
Retração Radial	2,97 (%)	2,77 (%)	- 6,7
Retração Tangencial	4,99 (%)	6,24 (%)	+ 25,0
Inchamento Axial	0,07 (%)	0,23 (%)	+ 228,0
Inchamento Radial	3,07 (%)	2,86 (%)	- 6,8
Inchamento Tangencial	5,25 (%)	6,67 (%)	+ 27,0
Variação Volumétrica	8,63 (%)	9,95 (%)	+ 15,3
Característica Mecânica	Sem Nó	Com Nó	Variação (%)
Compressão - Resistência	70,3 (MPa)	63,4 (MPa)	- 9,8
Flexão - Resistência	167,0 (MPa)	112,1 (MPa)	- 32,9
Tração - Resistência	245,4 (MPa)	111,9 (MPa)	- 54,4
Compressão - Módulo	2,9 (GPa)	3,3 (GPa)	+ 13,8
Flexão - Módulo	15,6 (GPa)	12,3 (GPa)	- 21,1
Tração - Módulo	20,5 (GPa)	18,3 (GPa)	- 10,7

Pode-se observar pela Tabela 34 que a presença do nó afeta de forma geral todas as características estudadas, mostrando aumento em quase todas as características físicas (exceto retração e inchamento radial). A retração e o inchamento axial, embora apresentem um grande aumento de valor na presença do nó, ainda assim são valores praticamente desprezíveis. Em relação às características mecânicas estudadas, observa-se que praticamente todas sofreram uma diminuição em seus valores com a presença do nó.

6.5.3. CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL COMPOSTO – BAMBU LAMINADO COLADO (BLaC)

De um ponto de vista prático e tecnológico qualquer produto que venha a ser confeccionado com ripas de bambu, necessariamente deve contar com a presença de nós. Desse modo e também para atender as dimensões preconizadas pela norma de madeira utilizada (NBR 7190 – Anexo B), todos os corpos de prova confeccionados sempre

contaram com a presença de nós. Ainda sob o ponto de vista tecnológico e de aproveitamento máximo do colmo em sua altura, os corpos de prova foram montados considerando o colmo inteiro, ou seja, as amostras foram todas confeccionadas como uma mistura de ripas provenientes das três regiões, A , B e C indistintamente, sendo todas coladas com o adesivo Cascorez 2590.

6.5.3.1 Pressão de colagem dos laminados

A pressão de colagem utilizada para a confecção dos corpos de prova utilizada foi aquela indicada pelo fabricante do adesivo, como sendo de 1 a 1,3 MPa, num tempo de prensagem a frio de 3 a 4 h (Boletim técnico do adesivo no **Anexo 6**). A pressão de colagem foi efetuada com o auxílio de torquímetro, como mostra a Figura 53.



Figura 53–Utilização de torquímetro para controlar a pressão na colagem dos laminados.

6.5.3.2 Massa específica aparente

A Figura 54 mostra corpo de prova utilizado para a determinação da massa específica aparente do bambu laminado colado. A Tabela 34 apresenta os valores obtidos.

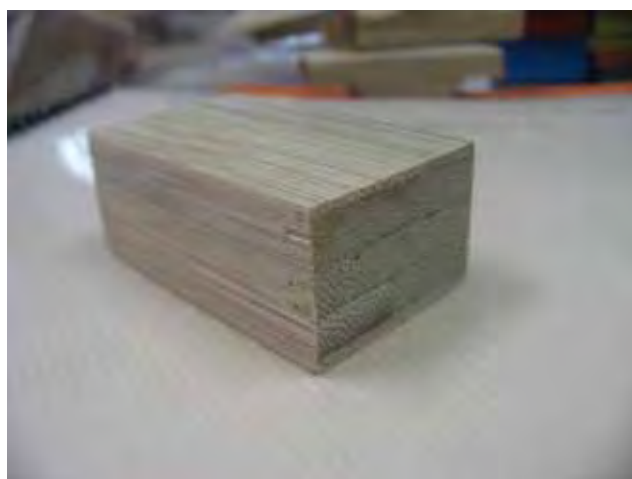


Figura 54 – Corpo de prova para massa específica aparente (BLaC)

Tabela 34-A. Massa específica aparente do bambu laminado colado

Massa específica aparente		
Amostra	ρ (g/cm³)	Umidade (%)
1	0,79	10,9
2	0,81	11,2
3	0,81	11,1
4	0,83	10,9
5	0,82	10,9
6	0,79	11,2
7	0,81	10,8
8	0,80	10,9
9	0,79	11,2
10	0,75	10,8
11	0,78	10,9
12	0,74	11,1
13	0,79	11,0
14	0,78	11,0
15	0,80	11,1
16	0,85	10,8
17	0,75	10,8
18	0,78	10,9
19	0,79	10,9
20	0,81	11,0
Média	0,79	11,0
Desvio Padrão	0,03	
C.V. (%)	3,8	

Observa-se que a faixa de variação da massa específica aparente nas amostras de BLaC situou-se entre 0,75 e 0,85 g/cm³, com um valor médio de 0,79 g/cm³. Observa-se que os valores obtidos para o BLaC situaram-se próximos àqueles obtidos para o bambu na

forma de ripas laminadas (material simples) sem o nó ($0,81 \text{ g/cm}^3$) e inferior aos valores obtidos para as ripas laminadas com nó ($0,88 \text{ g/cm}^3$), o que pode ser explicado pela impossibilidade, na confecção dos corpos de prova de massa específica aparente, de se colocar todas as ripas com nós nos mesmos corpos de prova.

Em comparação com outros materiais de construção o bambu na forma laminada colada (BLaC), assim como na forma de ripas laminadas, pode ser considerado como um material leve. Em comparação com as madeiras ele pode ser considerado como um material de média densidade, situando-se acima de madeiras coníferas nativas ou de reflorestamento como, por exemplo, Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) com $0,58 \text{ g/cm}^3$ ou Pinus taeda (*Pinus taeda L.*) com $0,64 \text{ g/cm}^3$, ou ainda comparável a algumas espécies de madeira dicotiledônea de reflorestamento ou nativas, como por exemplo Eucalyptus saligna (*Eucalyptus saligna*) com $0,75 \text{ g/cm}^3$ ou Cupiúba (*Goupia glabra*) com $0,83 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

Os valores obtidos para o BLaC mostraram-se superiores àqueles relatados por Rivero (2003) para o BLaC da ordem $0,58$ a $0,79 \text{ g/cm}^3$, aos relatados por Gonçalves et al. (2002) da ordem de $0,57$ a $0,75 \text{ g/cm}^3$, e porém semelhantes ao relatado por Ghavami (1992), da ordem de $0,80 \text{ g/cm}^3$, todos utilizando a mesma espécie *Dendrocalamus giganteus*.

6.5.3.3 Compressão paralela às fibras

A Figura 55 mostra o corpo de prova utilizado para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal do bambu laminado colado submetido ao ensaio de compressão paralela, e mostra ainda o corpo de prova submetido ao ensaio na máquina universal. A Figura 56 mostra o padrão de rompimento do corpo de prova.



Figura 55 – Corpo de prova de compressão paralela às fibras e respectivo ensaio mostrando o extensômetro.



Figura 56 – Corpos de prova de compressão paralela às fibras após a realização do ensaio.

A Figura 56 mostra o padrão de rompimento observado nos corpos de prova de compressão do bambu laminado colado. A imagem à esquerda mostra um padrão de rompimento diagonal (45° aproximadamente) observado na maioria nos corpos e semelhante ao que se observa em ensaios com madeira maciça. A imagem à direita mostra

um rompimento sem uma diagonal bem definida e que ocorreu em alguns corpos de prova, evidenciando o efeito de se ter ripas de bambu coladas paralelamente ao sentido de ensaio. Em termos de segurança o BLC mostrou uma ruptura que pode ser considerada dúctil.

A Tabela 35 mostra os resultados obtidos para a resistência e o módulo de elasticidade longitudinal, no ensaio de compressão paralela.

Tabela 35 – Compressão paralela em bambu laminado colado.

Compressão Paralela			
Amostra	f_{c0} (MPa)	E_{c0} (GPa)	U (%)
1	67	17,0	11,2
2	62	17,8	11,1
3	64	17,2	11,1
4	68	18,6	10,8
5	63	19,8	10,9
6	61	22,5	11,4
7	63	16,2	10,9
8	64	17,2	10,9
9	65	17,7	11,3
10	67	17,9	11,4
11	66	18,1	10,9
12	73	19,4	11,4
13	63	15,2	11,2
14	75	20,6	11,4
15	61	20,0	11,5
16	64	15,2	11,3
Média	65,5	18,1	11,2
Desvio Padrão	3,9	1,9	
Coef. Variação (%)	5,9	10,7	

A Tabela 35 mostra que a faixa de variação da resistência à compressão nas amostras de BLaC situou-se entre 61 e 75 MPa, com um valor médio de 65,5 MPa. Observa-se que os valores obtidos para o BLaC situaram-se próximos àqueles obtidos para o bambu na forma de ripas laminadas (material simples) com o nó (63,4 MPa) e abaixo dos valores obtidos para as ripas laminadas sem nó (70,3 MPa), mostrando uma influência não muito acentuada do nó no ensaio de compressão paralela. Cabe ressaltar que na confecção

dos corpos de prova para o ensaio de compressão (5 cm x 5 cm x 15 cm) boa parte das ripas possuíam pelo menos um nó.

A tensão de ruptura (da ordem de 65,5 MPa) obtida para o BLaC, foi inferior àquela relatada por Beraldo & Rivero (2003) da ordem de 74 MPa e superior àquelas relatadas por Gonçalves et al. (2002) e Wetyavivorn et al. apud Beraldo & Rivero (2003), da ordem de 55 e 28 MPa, respectivamente, para a mesma espécie de bambu. Os valores obtidos situam-se acima de madeiras coníferas nativas ou de reflorestamento como, por exemplo, Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) com 40,9 MPa, ou *Pinus elliottii* com 40,4 MPa, ou superior a algumas espécies de madeira dicotiledônea de reflorestamento ou nativa, como por exemplo *Eucalyptus saligna* com 46,8 MPa, *Eucalyptus grandis* com 40,3 MPa, Cupiúba (*Goupia glabra*) com 54,4 MPa ou Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum*) com 59,8 MPa, ou ainda comparável a *Corymbia citriodora* com 62,2 MPa.

O módulo de elasticidade do BLaC no ensaio de compressão foi da ordem de 18,1 GPa, com variações entre 15,6 e 22,5 GPa. O valor obtido foi superior àquele relatado por Beraldo & Rivero (2003), da ordem de 11 GPa, e semelhante ao relatado por Ghavami (1992), da ordem de 15 a 20 GPa e por Mantila Carrasco et al. (1995) apud Beraldo & Rivero (2003), da ordem de 18 GPa, para a mesma espécie de bambu. Os valores obtidos são igualmente superiores ou equivalentes àqueles das mesmas espécies de madeira citadas anteriormente.

6.5.3.4 Flexão estática

A Figura 57 mostra o corpo de prova utilizado para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal do bambu laminado colado submetido ao ensaio de flexão na máquina universal de ensaio. Neste ensaio, pela dificuldade de instalação do

deflectômetro para medir a deformação, foi utilizado o transdutor interno. A Figura 58 mostra o padrão de rompimento do corpo de prova do BLaC após a realização do ensaio.

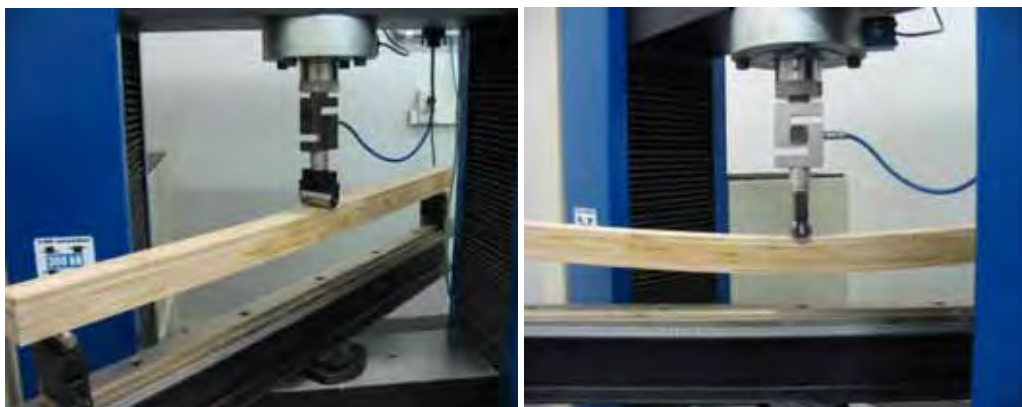


Figura 57 – Corpo de prova de flexão estática e respectivo ensaio (BLaC)



Figura 58 – Corpos de prova de flexão estática após a realização do ensaio.

A Figura 58 mostra o padrão de rompimento observado nos corpos de prova de bambu laminado colado no ensaio de flexão. A imagem à esquerda mostra um padrão de rompimento mais comum, por cisalhamento entre as ripas de bambu, geralmente próximo à linha neutra. A imagem à direita mostra um padrão de rompimento também frequente, onde

houve conjuntamente o rompimento por cisalhamento entre as ripas e o rompimento dos nós na região submetida à tração (abaixo da linha neutra), em diferentes posições das ripas, evidenciando o efeito de se ter a presença de nós em diferentes disposições nas ripas de bambu coladas, eventualmente ocorreu também o descolamento das emendas de topo nas ripas localizadas nas camadas mais inferiores. O BLaC mostrou ruptura que pode ser considerada dúctil, o que é favorável em termos de segurança para aplicações estruturais.

A Tabela 36 mostra os resultados obtidos para a resistência e o módulo de elasticidade longitudinal, no ensaio de flexão estática.

Tabela 36 – Flexão estática em bambu laminado colado

Flexão Estática			
Amostra	f_{ro} (MPa)	E_{ro} (GPa)	U (%)
1	112	16,4	11,3
2	95	14,4	11,0
3	107	14,8	11,4
4	104	14,2	11,4
5	108	15,1	11,4
6	105	14,2	11,2
7	104	12,8	10,9
8	105	12,3	11,1
9	89	12,7	11,3
10	96	12,4	11,5
11	105	14,2	11,2
12	83	12,4	11,4
13	89	13,0	11,2
14	84	11,9	11,4
15	97	13,0	11,5
Média	98,9	13,6	11,3
Desvio Padrão	9,2	1,3	
Coef. Variação (%)	9,3	9,4	

A Tabela 136 mostra que a faixa de variação da resistência à flexão estática nas amostras de BLaC situou-se entre 83 e 112 MPa, com um valor médio de 98,9 MPa. Observa-se que os valores obtidos para o BLaC foram inferiores, porém próximos, àqueles obtidos para o bambu na forma de ripas laminadas com o nó (112 MPa), e porém muito

inferiores aos valores obtidos para as ripas laminadas sem nó (167 MPa), evidenciando a grande influência do nó na magnitude dos resultados. Cabe ressaltar que na confecção dos corpos de prova para o ensaio de flexão (5 x 5 x 115 cm) todas as ripas possuíam nós.

A resistência à tração (da ordem de 99 MPa) obtida para o BLaC, foi superior àquelas relatadas por Beraldo & Rivero (2003), entre 40 a 70 MPa, e equivalente ao relatado por Wetyavivorn et al. apud Beraldo & Rivero (2003), de 94 MPa. Em relação ao bambu na forma cilíndrica, os valores são inferiores àqueles relatados por Lima Jr et al. (1995), de 152 MPa, e próximos ao que relatou Ghavami (1992), de 110 MPa. Os valores obtidos para o BLaC situam-se na faixa de resistência do bambu em geral (de 30 a 170 MPa). Em relação às madeiras, o BLaC situa-se acima de madeiras coníferas como, por exemplo, *Pinus elliottii* com 69,6 MPa, ou superior a algumas espécies de madeiras dicotiledôneas, como por exemplo *Eucalyptus grandis* com 75,6 MPa, Cedro (*Dipteryx odorata*) com 80,2 MPa ou ainda comparável a *Corymbia citriodora*, com 62,2 MPa.

O módulo de elasticidade longitudinal do BLaC no ensaio de flexão foi da ordem de 13,6 GPa, com variações entre 11,9 e 16,4 GPa, valores da ordem daqueles obtidos nas ripas laminadas sem nó (da ordem de 15 GPa), e com nó (da ordem de 12 GPa). Os valores obtidos para o módulo de elasticidade longitudinal são similares aos valores relatados para o bambu em geral (da ordem de 6 a 14 GPa), sendo superiores ao que relatou Ghavami (1992), para amostras na forma cilíndrica (na ordem de 7 a 13 GPa) para a mesma espécie de bambu.

6.4.3.5 TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS

A Figura 59 mostra o corpo de prova para a determinação da resistência e do módulo de elasticidade longitudinal do BLaC submetido ao ensaio de tração paralela às

fibras; mostra ainda o ensaio na máquina universal, logo após a retirada do extensômetro. A Figura 60 mostra o padrão de rompimento do corpo de prova do BLaC após a realização do ensaio de tração.



Figura 59 – Corpo de prova de tração paralela às fibras e respectivo ensaio após retirada do extensômetro.



Figura 60 – Corpos de prova de tração paralela às fibras após a realização do ensaio.

A Figura 60 mostra o padrão de rompimento observado nos corpos de prova de BLaC no ensaio de tração. Em todos os corpos de prova houve primeiramente o

rompimento dos nós nas ripas que o continham, seguido do rompimento das fibras nas ripas que não o continham, de maneira semelhante ao que fora observado no ensaio de tração para o material simples (ripas). Como no ensaio de flexão estática, a presença do nó mostrou ser um ponto de menor resistência.

A Tabela 37 mostra os resultados obtidos para a resistência e o módulo de elasticidade longitudinal, no ensaio de tração.

Tabela 37 – Tração em bambu laminado colado

Tração paralela			
Amostra	f_{t0} (MPa)	E_{t0} (GPa)	U (%)
1	142	21,8	11,0
2	147	19,9	11,4
3	143	21,4	11,0
4	147	17,9	10,9
5	130	20,7	11,2
6	147	18,6	11,3
7	152	21,0	10,9
8	200	20,1	11,3
9	147	21,1	11,1
10	117	20,3	11,3
11	120	21,2	11,1
12	141	22,8	11,5
13	166	21,6	11,3
14	132	22,3	11,2
15	128	19,2	11,4
16	142	18,1	11,1
Média	143,7	20,6	11,2
Desvio Padrão	19,4	1,4	
Coef. Variação (%)	13,5	7,1	

A Tabela 37 mostra que a faixa de variação da resistência à tração paralela nas amostras de BLaC situou-se entre 130 e 200 MPa, com um valor médio de 143,7 MPa. Observa-se que os valores obtidos para o BLaC situaram-se acima daqueles obtidos para o

bambu na forma de ripas laminadas com o nó (112 MPa), porém muito inferiores aos valores obtidos para as ripas laminadas sem nó (245 MPa), evidenciando a grande influência do nó na obtenção dos resultados de resistência à tração. Cabe ressaltar que na confecção dos corpos de prova para o ensaio de tração (2 cm x 5 cm x 45 cm) todas as ripas possuíam nós .

A tensão de ruptura (da ordem de 144 MPa) obtida para o BLaC, foi superior àquelas relatadas para o bambu na forma cilíndrica por Lima Jr et al. (1995), de 115 MPa, e por Ghavami (1992), de 123 MPa. Os valores obtidos para o BLaC situam-se na faixa de resistência do bambu em geral (de 40 a 215 MPa). Em relação às madeiras, o BLaC situa-se acima de madeiras coníferas nativas ou de reflorestamento como, por exemplo, Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*), com 93,1 MPa, ou *Pinus elliottii*, com 66 MPa, ou superior a algumas espécies de madeiras dicotiledôneas de reflorestamento ou nativa, como, por exemplo *Eucalyptus saligna* com 95,5 MPa, *Eucalyptus grandis* com 70,2 MPa, *Corymbia citriodora* com 123,6 MPa, ou Ipê (*Tabebuia serratifolia*) com 96,8 MPa ou ainda comparável à Maçaranduba (*Manilkara spp*) com 138,5 MPa.

O módulo de elasticidade longitudinal do BLaC no ensaio de tração foi da ordem de 20,6 GPa, com variações entre 18 e 22 GPa, valores situados próximos àqueles obtidos nas ripas laminadas sem nó (da ordem de 20,5 GPa), e com nó (da ordem de 18,3 GPa), mostrando a influência pouco acentuada da presença do nó na obtenção do módulo de elasticidade longitudinal. Os valores obtidos para o módulo de elasticidade foram ligeiramente superiores aos valores relatados para o bambu em geral (de 5,5 e 18 GPa), sendo superiores ao que relata Lima Jr et al. (1995), de 11 GPa e Ghavami (1992), de 9 a 16 GPa, para amostras na forma cilíndrica da mesma espécie de bambu.

A Tabela 38 resume as características mecânicas do BLaC, apresentando os valores médios obtidos nos ensaios de compressão, flexão e tração, além da massa específica.

Tabela 38 – Valores médios das características mecânicas do bambu laminado colado

Bambu Laminado Colado			
	f_o (MPa)	E_o (GPa)	U (%)
Tração	143,7	20,6	11,2
Flexão	98,9	13,6	11,3
Compressão	65,5	18,1	11,2
ρ (g/cm³)	0,79		11,0

A Tabela 38 mostra que o BLaC tem como propriedade mais elevada a resistência a tração, seguido da flexão e compressão. O menor módulo obtido no ensaio de flexão pode ser explicado pela colagem de topo utilizada entre as ripas, o que poderia ser melhorado utilizando-se uniões entre as ripas do tipo finger-joint.

As Figuras 61 e 62 comparam graficamente os valores médios obtidos para as propriedades de resistência a tração, flexão e compressão do BLaC e do módulo de elasticidade longitudinal.

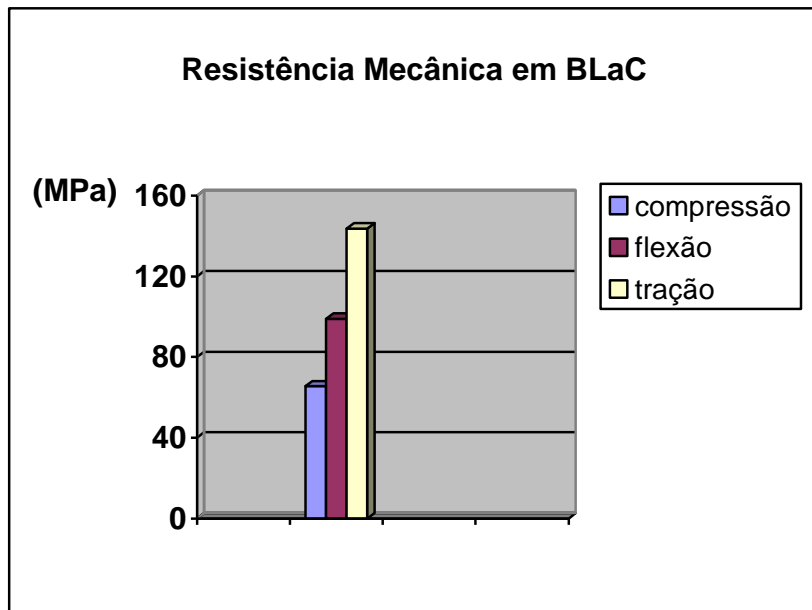


Figura 60-A – Resistência mecânica em bambu laminado colado (BLaC).

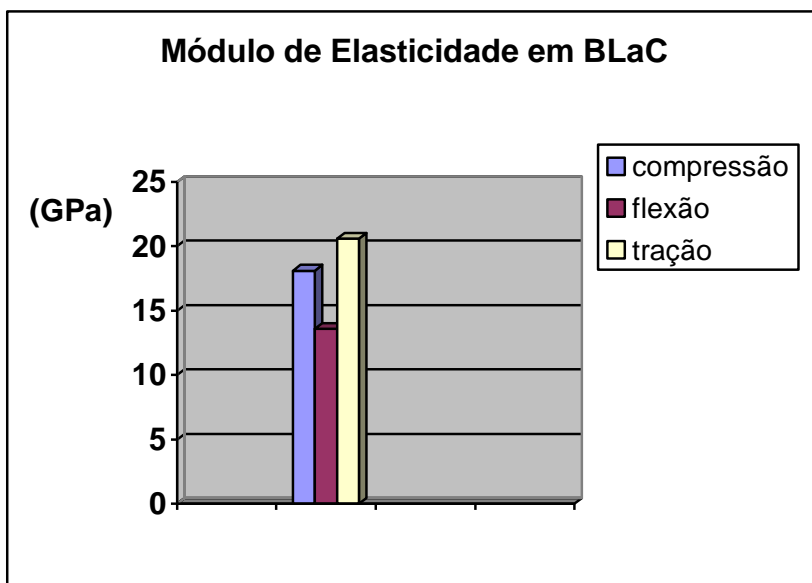


Figura 61 – Módulo de elasticidade em bambu laminado colado (BLaC).

A Tabela 39 resume as características mecânicas do material composto (BLaC) e do material simples (ripas laminadas), considerando o colmo como um todo (regiões A, B e C em conjunto)

Tabela 39 – Resumo das características do BLaC e do material simples (ripas laminadas)

Bambu Laminado Colado – BLaC						
	f_o (MPa)		E_o (GPa)		U (%)	
Tração	143,7		20,6		11,2	
Flexão	98,9		13,6		11,3	
Compressão	65,5		18,1		11,2	
ρ (g/cm³)	0,79				11,0	
Material Simples – Ripas laminadas						
	Sem Nó			Com Nó		
	f_o (MPa)	E_o (Gpa)	U (%)	f_o (MPa)	E_o (Gpa)	U (%)
Tração	245,6	20,5	12,0	111,7	18,3	11,9
Flexão	167,0	15,6	12,0	111,9	12,3	11,9
Compressão	70,3	17,9	11,9	63,4	18,1	11,9
ρ (g/cm³)	0,81			0,88		

A Figura 62 compara graficamente a resistência geral do bambu, na forma de material simples – ripas (sem nó e com nó) e na forma de bambu laminado colado (BLaC).

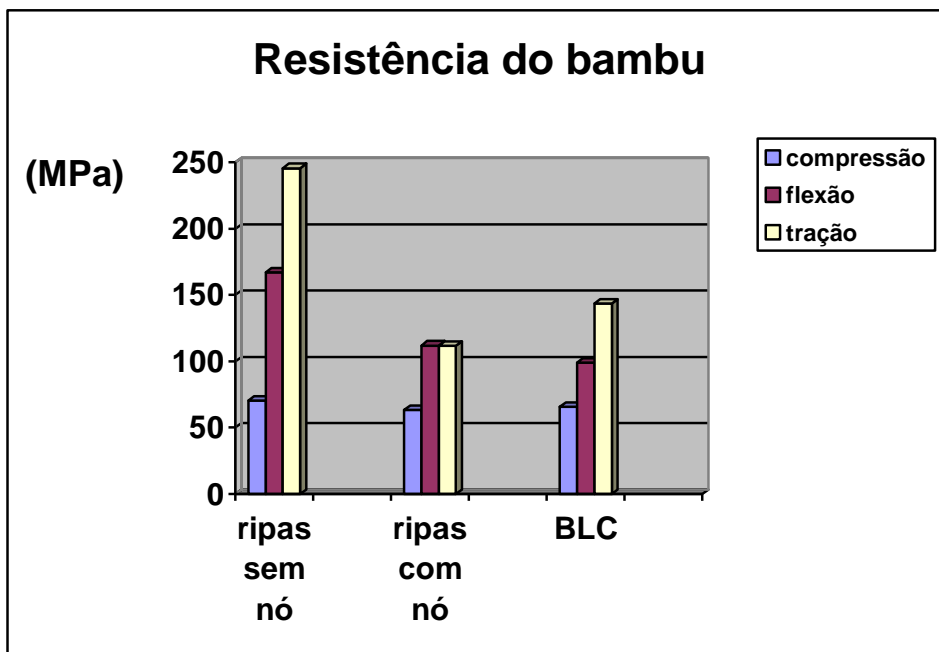


Figura 62 – Resistência geral do bambu como BLaC e como ripas lamiandas

Observa-se, pela Tabela 39 e pela Figura 62, que o bambu laminado colado (BLaC), em termos de suas propriedades de resistência mecânica, estaria situado entre as ripas sem nó e as ripas com nó, assemelhando-se mais às ripas laminadas na condição com nó, já que a presença do nó, tanto nas ripas como no BLaC reduziu significativamente seus valores, exceto para a resistência à compressão, a qual conforme já comentado anteriormente, foi pouco afetada pela presença do nó.

A Figura 63 mostra graficamente o módulo de elasticidade do bambu, na forma de material simples – ripas (sem nó e com nó) e na forma de bambu laminado colado (BLaC)

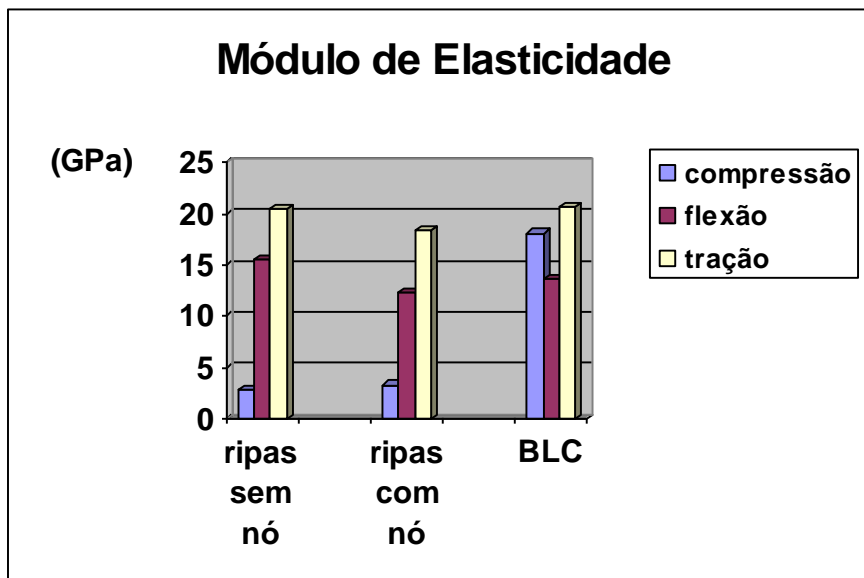


Figura 63 – Módulo de elasticidade nas ripas laminadas (com nó e sem nó) e no BLC

6.5.3.6 Tração normal na lâmina de cola

Na determinação da tração na lâmina de cola foram utilizados para comparação dois adesivos: o adesivo Cascorez 2590, que foi utilizado em todos os corpos de prova de bambu laminado colado, e o adesivo Waterbond (**Anexo 6** e **Anexo 7**).

A Figura 63 mostra o corpo de prova utilizado para a determinação da resistência à tração paralela às fibras na lâmina de cola e o respectivo ensaio na máquina universal. A Figura 64 mostra o padrão de rompimento após a realização do ensaio.



Figura 63-A – Corpo de prova para tração paralela às fibras na lâmina de cola e respectivo ensaio



Figura 64 – Corpo de prova após o rompimento

A Figura 64 mostra o padrão de rompimento mais observado para os dois adesivos testados, notando-se que o rompimento ocorreu em parte próximo à linha do adesivo com alguma descontinuidade e descolamento do bambu, provavelmente pelo reforço promovido pela linha de adesivo na interface com o bambu, indicando uma boa ligação bambu - adesivo. O padrão observado foi similar ao das madeiras.

A Tabela 40 mostra os resultados obtidos para a resistência à tração na lâmina de cola, com os adesivos Cascorez 2590 e Waterbond.

Tabela 40 – Tração normal na lâmina de cola – Adesivos Cascorez 2590 e Waterbond

TRAÇÃO NORMAL NA LÂMINA DE COLA		
Amostra	Adesivo Cascorez 2590 (MPa)	Adesivo Waterbond (MPa)
1	2,24	1,19
2	2,72	1,59
3	3,12	1,54
4	2,46	1,64
5	3,59	1,68

6	3,59	1,18
7	2,32	1,59
8	3,44	1,75
9	2,14	1,53
10	3,01	2,04
11	2,98	1,29
12	2,85	2,19
13	2,88	1,55
14	2,96	1,72
15	2,62	1,84
16	2,21	
Média	2,82	1,62
Desvio Padrão	0,47	0,28
Coefficiente de Variação (%)	16,7	17,2

Por meio da análise estatística (teste-t de Student) efetuada, foi verificada diferença significativa entre os dois adesivos utilizados no ensaio de tração na lâmina de cola. O adesivo Cascorez 2590 apresentou valores, em média, cerca de 74 % mais elevados na resistência à tração na lâmina de cola quando comparado ao adesivo Waterbond.

A Figura 65 mostra graficamente comparação entre os dois adesivos utilizados no ensaio de tração na lâmina de cola.

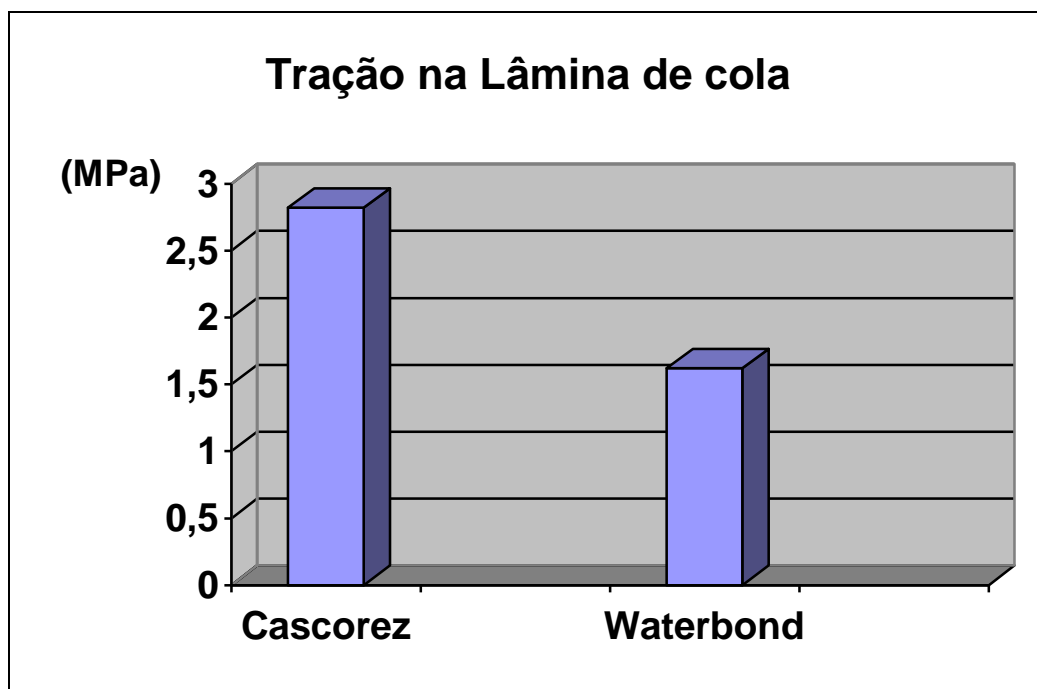


Figura 65 – Tração na lâmina de cola, adesivos Cascorez 2590 e Waterbond

6.5.3.7 Cisalhamento na lâmina de cola

A Figura 66 mostra o corpo de prova utilizado para a determinação da resistência ao cisalhamento na lâmina de cola e o respectivo ensaio na máquina universal. A Figura 67 mostra o padrão de rompimento observado

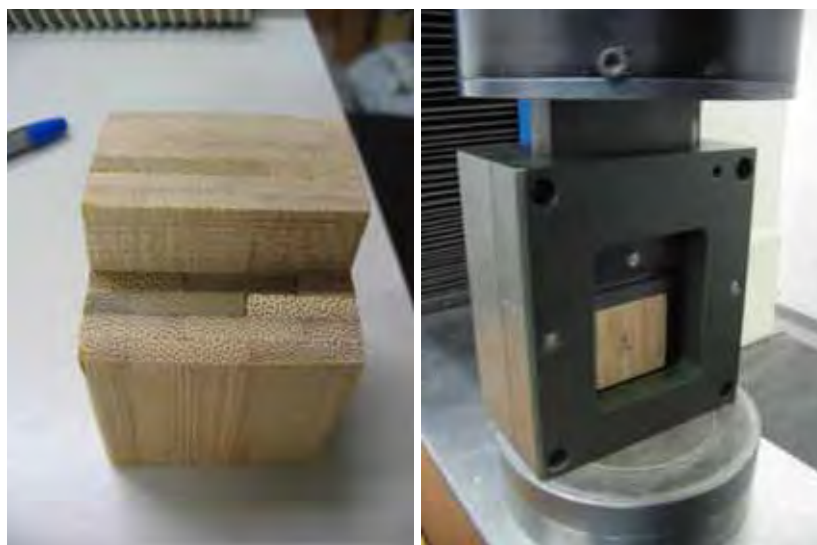


Figura 66 – Corpo de prova para cisalhamento na lâmina de cola e respectivo ensaio



Figura 67 – Corpo de prova após o rompimento

A Figura 67 mostra o padrão de rompimento observado para os dois adesivos testados, notando-se que o rompimento ocorreu próximo à linha do adesivo com descolamento do material bambu, provavelmente pelo reforço promovido pela linha de adesivo na interface com o bambu, indicando uma boa ligação bambu - adesivo.

A Tabela 195 mostra os resultados obtidos para a tração na lâmina de cola, com os adesivos Cascorez 2590 e Waterbond.

Tabela 41 – Cisalhamento na lâmina de cola – Adesivos Cascorez 2590 e Waterbond

CISALHAMENTO NA LÂMINA DE COLA		
Amostra	Adesivo Cascorez 2590 (MPa)	Adesivo Waterbond (MPa)
1	7,37	6,58
2	6,40	7,16
3	6,35	6,70
4	9,15	7,01
5	7,62	8,18
6	6,47	7,91
7	8,94	7,84
8	7,83	7,61
9	7,17	8,20
10	10,12	5,89
11	8,85	6,68
12	9,25	6,48
13	8,43	6,79
14	7,52	7,10

15	9,73	6,15
16	7,25	5,92
17	9,38	7,35
Média	8,11	7,03
Desvio Padrão	1,2	0,74
Coef. Var. (%)	14,5	10,5

Por meio da análise estatística (teste-t de Student) efetuada, foi verificada diferença significativa entre os dois adesivos utilizados no ensaio de cisalhamento na lâmina de cola. O adesivo Cascorez 2590 apresentou valores, em média, cerca de 15% superiores na resistência ao cisalhamento na lâmina de cola quando comparado ao adesivo Waterbond.

A Figura 68 mostra graficamente a comparação entre os dois adesivos utilizadas no ensaio de cisalhamento na lâmina de cola.

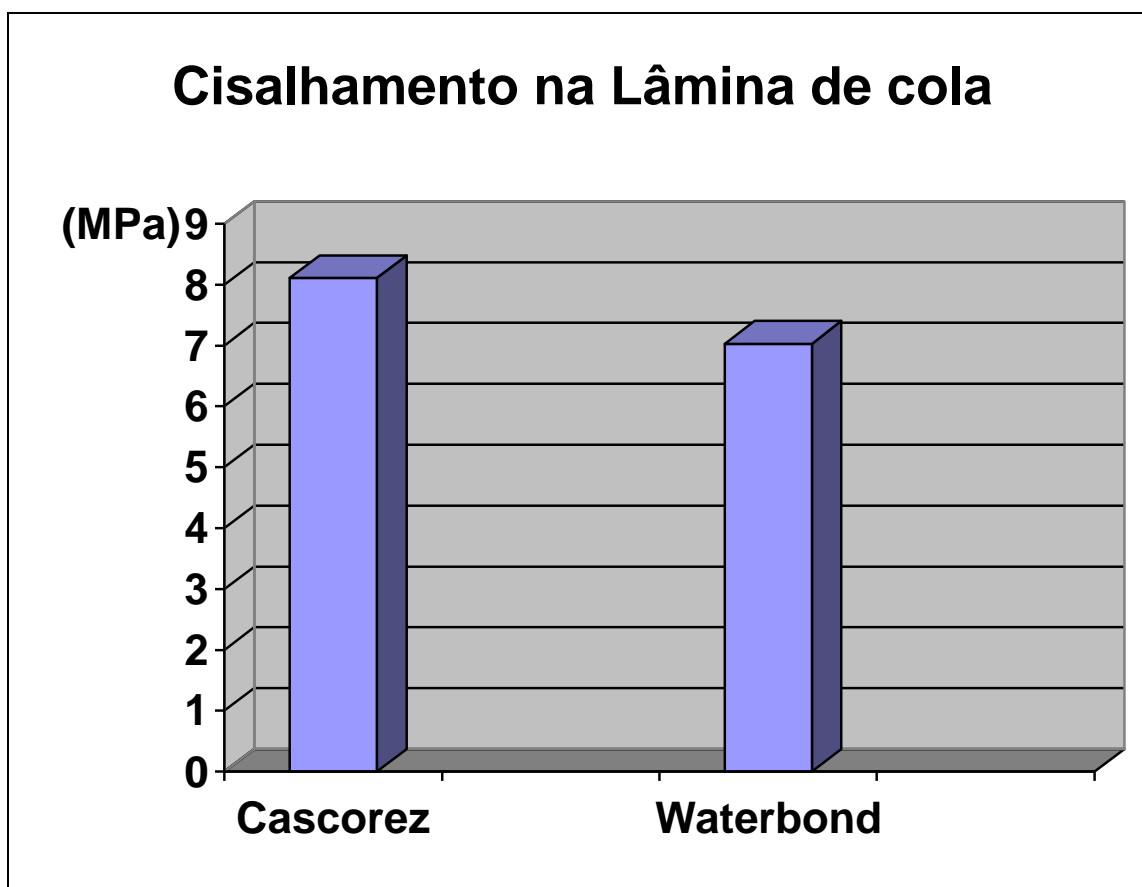


Figura 68 – Cisalhamento na lâmina de cola, adesivos Cascorez 2590 e Waterbon.

6.6 DESENVOLVIMENTO, DIVULGAÇÃO E APLICAÇÕES

A continuidade e o desenvolvimento do Projeto Bambu estão ligados à promoção de ações voltadas ao fortalecimento e divulgação do projeto. Foi estabelecida com sucesso a interação multidisciplinar com os cursos de Design e de Arquitetura da Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação-FAAC, da Unesp de Bauru, ao nível de graduação e pós-graduação. O contato e participação de alunos destas áreas possibilitou a formação/qualificação de pessoal na cadeia produtiva do bambu, especialmente relacionadas ao desenvolvimento e à confecção de produtos. O desenvolvimento de produtos em bambu, assim como sua exposição em mostras, palestras e projetos tem proporcionado mais visibilidade ao projeto e à cultura, não só internamente à universidade, mas também externamente. Outras atividades como cursos, palestras, projetos e elaboração de material didático podem ser importantes neste processo. O desenvolvimento de projetos e atividades de extensão, como forma de expandir o projeto além dos muros da universidade foi implantado com sucesso junto à comunidade rural do assentamento Horto de Aimorés num processo de inserção social. O resultado dessas ações pode ser observado na sequência didaticamente apresentada a seguir como atividades ligadas à graduação, à pós-graduação e à extensão.

Como principal ação para divulgação do projeto e da cultura do bambu foi publicado no ano de 2008 o livro “Bambu de corpo e Alma” em co-autoria com o professor Antonio Ludovico Beraldo da Universidade Estadual de Campinas-Unicamp, mostrando as características básicas da cultura e podendo servir como um texto didático em língua portuguesa. A Figura 69 mostra a capa do referido livro.

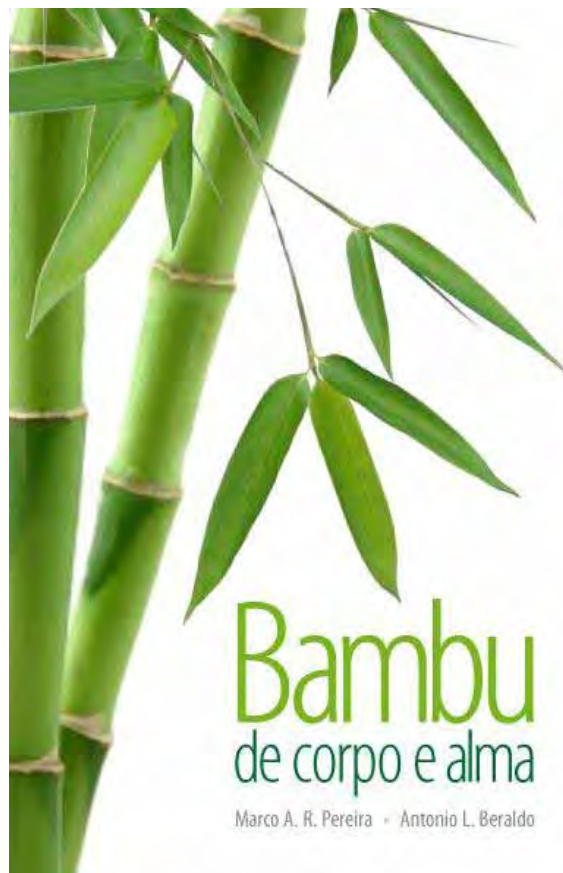


Figura 69 . Capa do livro “Bambu de corpo e Alma”

6.6.1 PÓS-GRADUAÇÃO

Como atividade de desenvolvimento do Projeto Bambu, desde o ano 2007 foi obtido o credenciamento junto ao curso de Design da Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação-FAAC da Unesp de Bauru, sendo oferecida e ministrada desde 2009 a disciplina “Design e Construção com Bambu” com oferecimento bi-anual e com a seguinte ementa : *“Apresentação dos principais aspectos da cultura do bambu, suas espécies, manejo e produção de colmos, suas características físicas e mecânicas, seu processamento, tratamento e aplicações voltadas para o design e à construção sustentáveis”*

No desenvolvimento das atividades na pós graduação, quatro dissertações diretamente relacionadas à cultura do bambu foram orientadas e defendidas no curso:

- *“Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo”* de Fábio Alexandre Moizés, no ano de 2007;
- *“Design para a sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (blc) e seus produtos”* de Breno Giordano Pensa Barelli, no ano de 2008;
- *“O bambu na arquitetura: Design de conexões estruturais”* de Roberval Braz Padovan no ano de 2009;
- *“Uso de bambu e metal Clay no design de jóias de arte”* de Helen Tatiana Takamitsu, no ano de 2011.

6.6.2 GRADUAÇÃO

No âmbito da graduação a interação com alunos dos cursos de Design e Arquitetura tem proporcionado o desenvolvimento de projetos de aplicação e confecção de produtos artesanais em bambu e em bambu laminado colado (BLaC). Diversos produtos foram desenvolvidos envolvendo trabalhos de conclusão de curso (TCC) e projetos diversos principalmente aqueles vinculados a bolsas de iniciação científica (IC), bolsas de extensão universitária, bolsa DTI-CNPQ e bolsa produtividade-CNPq, entre outras. A interação com alunos está possibilitando, além da formação de um grupo de alunos – Grupo Taquara – interessados na prática do design com bambu, o desenvolvimento de produtos e a geração de trabalhos apresentados em congressos. Esta interação tem ainda permitido desenvolver projetos de extensão para a formação de novos alunos e atividades desenvolvidas com a comunidade.

As Figuras 70 a 90 mostram o desenvolvimento do projeto com respeito à confecção de produtos em bambu.



Figura 70. Banco em BLaC – TCC - Cristiane Gaion 2004

Banco em BLaC – TCC - Breno Giordano Barelli 2005



Figura 71. Banco origami em BLaC –TCC- Paula Kimpara 2008



Figura 72. Chaise 4 estações em BLaC – TCC – Bruno Perazelli 2010



Figura 73. Tábua de frios e aparador em BLaC - Grupo de alunos Taquara



Figura 74. Mesinhas em BLaC - Grupo de alunos Taquara



Figura 75. Mesa baixa em BLaC – Grupo de alunos Taquara



Figura 76. Bandeja e cubo vazado em BLaC – Grupo de alunos Taquara



Figura 77. Cama em BLaC – Grupo de alunos Taquara



Figura 78. Molde de tamanco e utensílios – Grupo de alunos Taquara



Figura 79. Porta CD e porta guardanapo – Grupo de alunos Taquara

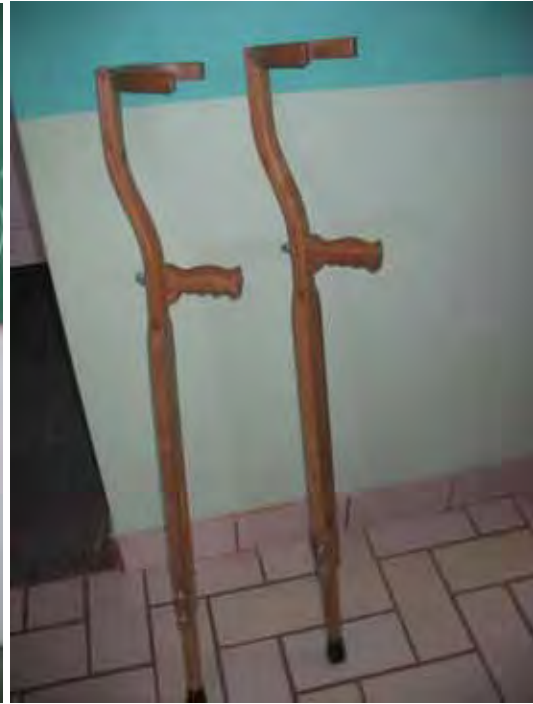




Figura 80. Produtos ortopédicos em BLaC – Projeto Unesp x Inter-águas



Figura 81. Cadeira de ripas laminadas e em BLaC – Mariana Lourenço bolsista PIBIT



Figura 82. Relógios de mesa em BLaC – Sabrina Antunes bolsista IC-CNPq



Figura 83. Banqueta de bar e mesa de centro – Bruno Perazelli bolsista DTI-CNPq

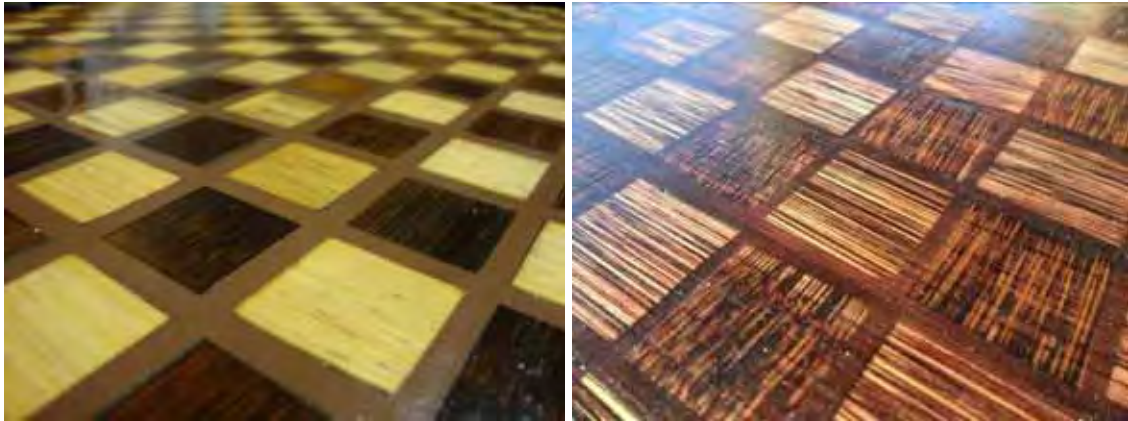


Figura 84. Placas de revestimento em BLaC – Camila Gondo bolsista IC-CNPq



Figura 85. Mesa japonesa em BLaC – Camila Gondo e Ronni Guiotoko bolsista Unisol



Figura 86. Cabo de ferramenta e piso em BLaC – Projetos diversos



Figura 87. Vigota e taco em BLaC – Projetos diversos



Figura 88. Primeira mostra do Projeto Bambu 2009



Figura 89. Segunda mostra do Projeto Bambu 2010



Figura 90. Terceira mostra do Projeto Bambu 2011

As Figuras 70 a 90 procuraram exemplificar aplicações desenvolvidas dentro do Projeto Bambu utilizando o material na forma laminada colada (BLaC). As Figuras mostram que são inúmeras as possibilidades de desenvolvimento de produtos com o bambu processado, podendo o bambu substituir ou até mesmo evitar o corte de árvores nativas e/ou de reflorestamento para a mesma finalidade.

7. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pôde-se considerar que:

7.1 PLANTIO, MANEJO E DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES

- Foram introduzidas 20 espécies de bambu pertencentes aos gêneros *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Guadua*, *Gigantocloa* e *Melocanna*, todas apresentando bom desenvolvimento e adaptação
- Após 17 anos de plantio, a espécie *Dendrocalamus giganteus* está plenamente estabelecida e adaptada às condições locais, tendo atingido a maturidade em termos do desenvolvimento de suas dimensões, desde o oitavo ano de plantio. Com cerca de 30 moitas cultivadas, observou-se uma produção anual média de 8,9 colmos/moita/ano.
- Após 13 anos de plantio, a espécie *Guadua angustifolia*, embora apresente adaptação às condições locais, ainda não apresenta total maturidade em termos do desenvolvimento de suas dimensões, com adaptação mais lenta.

7.2 MATERIAL SIMPLES (RIPAS LAMINADAS)

- A espécie de bambu utilizada, *Dendrocalamus giganteus*, mostrou-se satisfatória para a confecção de ripas laminadas.
- As dimensões adotadas para os corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos mostraram-se satisfatórias e adequadas para obtenção dos resultados.
- As três regiões do colmo utilizadas, A (inferior), B (média) e C (superior) não apresentaram diferenças quanto ao processamento e obtenção de ripas laminadas. O

limite estabelecido para a altura útil do colmo (parede com no mínimo 8 mm de espessura) foi satisfatório para o processamento e aproveitamento máximo em altura do colmo. A plaina quatro faces e a plaina duas utilizadas para o processamento final das ripas mostraram-se muito adequadas.

- Para as condições estabelecidas no trabalho (espessura e ripas sempre próximas à casca), embora tenha ocorrido alguma variação especialmente em relação às ripas provenientes da região A, pode-se considerar que de um ponto de vista prático e tecnológico as três regiões poderiam ser utilizadas indistintamente.
- A presença do nó alterou significativamente os resultados, tanto das propriedades físicas quanto das mecânicas e, embora a massa específica aparente tenha aumentado nas ripas com nó, todas as características de resistência mecânica diminuíram sensivelmente, mostrando ser o nó um ponto de maior fraqueza.
- O módulo de elasticidade obtido nos ensaios de compressão, flexão e tração foram também afetados pela presença dos nós nas ripas, mas de maneira muito menos acentuada do que a resistência.

7.3 BAMBU LAMINADO COLADO (BLAC)

- A espécie de bambu utilizada, *Dendrocalamus giganteus*, mostrou-se satisfatória para a confecção do bambu laminado colado (BLC).
- O BLC pode ser considerado um material situado entre leve e médio, com massa específica aparente entre 0,75 e 0,85 g/cm³ (média 0,79 g/cm³).

- Os resultados obtidos para o BLC nos ensaios de resistência mecânica podem ser considerados como intermediários em relação àqueles obtidos com as ripas sem nó e as ripas com nó, porém com tendência mais próxima das ripas com nó, evidenciando o efeito marcante da presença dos nós no BLaC.
- Para o módulo de elasticidade, o comportamento do BLC assim como foi observado para as ripas laminadas, foi afetado pela presença dos nós, mas de maneira muito menos acentuada do que a resistência.
- Os valores obtidos para o BLC permitem situá-lo, em referência às madeiras, como sendo de qualidade semelhante ou em alguns casos mesmo superior às madeiras de reflorestamento, coníferas ou dicotiledôneas ou ainda as nativas consideradas leves, com possível emprego como componente para construção civil leve, mobiliários, cabos de ferramentas, pisos, entre outros.
- O adesivo Cascorez 2590 e a pressão de colagem utilizadas mostraram-se satisfatórios para a confecção do BLaC.
- Na comparação entre os dois adesivos testados nos ensaios de tração e cisalhamento na lâmina de cola, o adesivo Cascorez 2590 mostrou-se significativamente superior ao adesivo Waterbond.

7.4 DESENVOLVIMENTO, EXTENSÃO E INSERÇÃO SOCIAL

- A interação com os cursos de Design e Arquitetura, nos níveis de graduação e pós-graduação, tem propiciado um trabalho de participação e formação de alunos, especialmente voltados ao desenvolvimento de produtos e aplicações.

- O projeto de extensão em desenvolvimento junto à comunidade do Assentamento Rural Horto de Aimorés, está propiciando a capacitação e transferência de conhecimento na cadeia produtiva do bambu para a comunidade resultando na implantação do projeto bambu, seu desenvolvimento e geração de renda locais, que pode ser observada pela qualidade dos produtos desenvolvidos e confeccionados.

8 - BIBLIOGRAFIA

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente. Projeto de norma de compensado. <http://www.abimci.com.br/>. 2004, 71 p.

ÁREA REFLORESTADA TEM QUEDA DE 5% EM SP. **Folha de São Paulo**. São Paulo, 09/09/2002. Folha Cotidiano, p.C1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira (NBR 7190)**. Anexo B. Rio de Janeiro, ABNT, 1997, 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Chapas de madeira compensada. NBR9533, NBR 9485, NBR 9484, NBR 9535. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

AUSTIN, R.; LEVY, D.; UEDA, K. **Bamboo**, 5 ed. Tokyo, Japão: Weatherhill, 1977. 215p.

AZZINI, A.; SALGADO, L.A. Possibilidades agrícolas e industriais do bambu. O **Agrônômico**, Campinas, v. 33: 61 – 80, 1981.

BERALDO, A. L. Généralisation et optimisation de la fabrication d'un composite biomasse végétale-ciment à variations dimensionnelles limitées vis-à-vis des variations de l'humidité. Thèse de Doctorat, Université de Nancy, France, 1994, 222p.

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 2 v.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. ; GHAVAMI, K. ; PEREIRA, M.A. dos R. Bambu: Características e Aplicações. In: Tecnologias e Materiais Alternativos de Construção. Editora da Unicamp, 2004. Campinas. 333p.

- BERALDO, A. L. Bambucreto- o uso do bambu como reforço do concreto. In: Anais do XVI- CONBEA, Jundiaí, SP, 1987, p. 521-530.
- CIARAMELO, D.; AZZINI, A. Bambu como matéria prima para papel. V - Estudos sobre o emprego de quatro espécies de *Dendrocalamus* na produção e celulose e sulfato. *Bragantia*, 30: 321-326, 1971.
- COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística**. São Paulo. Edgard Blucher. 2002.
- CNBRC - CHINA NATIONAL BAMBOO RESEARCH CENTER. **Cultivation & Integrated utilization on bamboo in China**. CBRC, Hangzhou, China, 2001.
- Socio-economy of Bamboo**. Bamboo technologies training course for developing countries. Hangzhou, China, 2010.
- CRUZ RIOS, H. **Bambu-guadua (*Guadua angustifolia Kunth*)-Bosques naturales em Colombia y Plantaciones comerciales em México**. Colombia: Colex, 2009, 1 ed. 691p.
- DORNELLES, R. Plantas para exportar e preservar as florestas nativas. Brazil Export. São Paulo, n° 271, 1992.
- FARRELY, David. **The book of bamboo**. San Francisco, EUA. Sierra Club Books..1984, 340p.il.
- FILGUEIRAS, T.S.; SANTOS-GONÇALVES A.P. Tupi guarani: fonte de informações sobre bambus nativos do Brasil. *Heringeriana*, Brasília. v.1, n.1, p.35-41, 2007.
- Checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil. *Bamboo Science and Culture; The Journal of the American Bamboo Society*. v.18(1): p.7-18, 2004.
- GHAVAMI, K.; SOLÓRZANO, I. G. **Estudos preliminares da microestrutura do bambu *Dendrocalamus giganteus***. São Carlos: Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica – DEMa, UFSCar, 1994.

GHAVAMI, K. Application of bamboo as a low-cost construction material. In: Bamboo Current Research, Proceedings of International Bamboo Workshop, Cochin, Índia, Kerala Forest Reseach Institute, & IDRC, 1988, p.270-279.

Application of bamboo as a low-cost energy material in civil engineering. Third CIB RILEM Symposium on Materials for Low Icome Housing, Mexico City, 1989, p. 526-536.

GHAVAMI K. e HOMBECK R.V. Application of bamboo as a construction material. In: Proceedings of the Latin America Symposium Applied to Low Cost Housing, IPT, CIB, São Paulo, 1981, p. 49-66.

GONÇALVES, M.T.T., PEREIRA, M.A. dos R., GONÇALVES, C.D. Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. CD-Rom.

GRECO, T.M; CROMBERG M. **Bambu - cultivo e manejo**. Florianópolis – SC: Editora Insular. 2011, 183p.

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. **BAMBU su cultivo e aplicaciones en : Fabricacion de papel, Construcion, Arquitectura, Ingeniería y Artesania**. Cali, Colômbia, Estudios Tecnicos Colombianos Ltda. 1974, 318p.

Bamboo the gift of the gods. D’Vinni Ltda, 2003. Bogota, Colômbia. 553p.

INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR). **Priority species of bamboo and rattan**. New Delhi, India, INBAR IDRC. 1994, 68p.

ITAPAGÉ S.A – Celulose, Papéis e Artefatos. **A Fábrica**. Disponível em: <<http://www.itapagé.com/htm>> Acesso em: 26 abr. 2002.

- JARAMILLO, Simon Velez. **La guadua en los grandes proyectos de inversion.** In; CONGRESSO MUNDIAL DE BAMBU/GUADUA, 1., Pereira, Colômbia, 1992, **Anais...**, 1992.
- JANSSEN, J.J.A. **Designing and building with bamboo.** Beijing, China: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2000, Technical report n.20.
- KUSAK, V. **Bamboo World : The growing and use of clumping bamboo.** Australia: Kangaroo Press., 1999. 224 p.
- LEE, A.W.C; BAI, X.; PERALTA, P.N. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina. **Forest Products Journal**, vol.44, n.9, 40-46, September 1994.
- LIESE, W. **Bamboos - Biology, silvies, properties, utilization.** Hamburgo: Eschborn, dt.Ges.fur.Techn. Zusammenarbeit (GTZ). 1985 , 132p.
- LIESE, W.; DING, Y. Structure and functions of the nodes in bamboo. In : **BAMBOO IN ASIA AND THE PACIFIC: PROCEEDINGS OF THE FOURTH INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP HELD IN CHIANGMAI, THAILAND**, November 27-30, 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Development Research Centre (IDRC), United Nations Development Programme, 1994. 342p.
- LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms.** INBAR – International Network for bamboo and rattan, 1998.China. Technical Report. 204 p.
- 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.

- MCCLURE, F.A. *The Bamboos. Smithsonian Institution*, Estados Unidos, 1993 p. 347.
- NOGUEIRA, M.C. de J. A. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil.** 1991. 116p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos.
- ONU- Organização das Nações Unidas. The use of bamboo and reeds in building construction. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 1972, 95 p.
- PAULI, G. **Emissão Zero: A busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer a sociedade.** Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – EDIPUCRS, Porto Alegre, 1996, 312 p.
- PAULI, G. **UP sizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição.** Porto Alegre, Fundação Zeri Brasil, 2001, 3 ed, 356p.
- PEREIRA, M. A. dos R. **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*).** 1997. 161f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Bambu: Espécies , Características e Aplicações.** Departamento de Engenharia Mecânica/Unesp. Apostila. Bauru. 2001, 56 p.
- PEREIRA, M. A. dos R.; BERARDO, A.L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru – SP: Canal 6 Editora. 2008. 240 p.
- PEREIRA, M. A. dos R.; GARBINO, L. V. Projeto bambu: desenvolvimento do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) na Unesp/campus de Bauru–SP, com vistas à sua utilização na engenharia agrícola. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola ,32., 2002, Salvador. **Anais em CD-ROOM**, Salvador,UFBA, 2002.

Projeto Bambu: Desenvolvimento do Bambu Gigante (*D. giganteus*) na Unesp - Campus de Bauru - SP. In: XXXI

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 2002, Salvador. Anais em CD ROM, 2002.

PEREIRA, M.A.DOS R.; PEREIRA NETO, M. dos R. Projeto bambu: Introdução de espécies prioritárias. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25., e II Congreso Latinoamericano de Ingenieria Agrícola, 2., 1996. Bauru, S.P., **Anais em CD-ROOM**, Unesp, 1996.

PRESERVAÇÃO PODE SER EXCELENTE NEGÓCIO. **Folha de São Paulo**. São Paulo, 09/08/2002. Folha Ciência, p. A16.

QISHENG, Z; SHENXUE, J. **Bamboo based panels in China**. Bamboo Engineering Research Center, Nanjing Forestry University. Nanjing, China, 2001

RIVERO, L.A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SALAME, H., VIRUEL,S.C. Estructuras de bambu en la arquictetura moderna. In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL, 27., 1995, Tucumán - Argentina. **Anais...**, Tucumán, **1995**.

SANYAL S. N.; GULATI A. S.; KHANDURI A. K. Strength properties and uses of bamboo- A review. **Indian Forester**, 1988, 114 (10): 637-649.

SASTRY, C.B. *Timber for the 21st Century*. {on line}. Inbar, 1999. Disponível em www.inbar.org.cn/Timber.asp, acesso em : 30/11/1999.

SCHNIEWIND A. P. Bamboo. In: Concise Encyclopedia of Wood & Wood based materials. Ed. Pergamon Press, 1989, p. 19-27.

- TOMAZELLO FILHO, M. & AZZINI, A. Variação e estrutura dos colmos de bambu (*Bambusa vulgaris*). **O Papel**, 69: 155-161, 1988.
- UEDA K. Bamboo industry in Japan, Present and Future. In: Proceedings of the XVII IUFRO World Congress- Division 5, Kyoto, Japan, 1981, 5: 245-255.
- YANG, Y; HUI, C. China's Bamboo: culture, resources, cultivation, utilization. International Network for Bamboo and Rattan-Inbar. Technical Report n.33, China, 2010, 227p.
- 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: PROCEEDINGS OF THE FOURTH INTERNATIONAL BAMBOO WORKSHOP HELD IN CHIANGMAI, THAILAND**, November 27-30, 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Development Research Centre (IDRC), United Nations Development Programme, 1994. 342p.
- ZHOU, F. **Selected Works of Bamboo Research**. Nanjing, China: Research Editorial Committee. Nanjing Forestry University, 2000, 164p.