

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROSILANI TRIANOSKI

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS ALTERNATIVAS, DE
RÁPIDO CRESCIMENTO, PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA
AGLOMERADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, Área de Concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos

CURITIBA
2010

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Tânia de Barros Baggio.

Trianoski, Rosilani

Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada / Rosilani Trianoski. – Curitiba, 2010.

260 f.: il.

Orientador: Setsuo Iwakiri

Co-Orientador: Jorge Luis Monteiro de Matos

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1. Chapa de Madeira Aglomerada. 2. Essências Florestais.
3. Plantas Exóticas. 4. Teses.

I. Iwakiri, Setsuo. II. Matos, Jorge Luis Monteiro. III. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0

À Deus,

A minha família,

Aos meus pais por respeito e consideração,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pelas excelentes condições de execução deste projeto, bem como pela possibilidade de ampliar meus estudos e conhecimentos em um dos centros mais avançados em Ciência e Tecnologia Florestal do Brasil e do mundo.

Ao Prof. Dr. Setsuo Iwakiri pelo apoio, ensinamentos e competente orientação durante estes 14 meses de mestrado.

Ao Prof. Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos, pela convivência, amizade, confiança, incentivo e incalculável auxílio e co-orientação durante este período.

A Banca Examinadora, pela disponibilidade de avaliação deste trabalho.

A Battistela Florestal, pela concessão de uso dos plantios experimentais e por todo apoio ao longo do projeto FINEP/BATTISTELLA/UFPR, em especial a Eng^a Fernanda Silveira e Eng^o Wanderlei Franciscato da Silva.

A Empresa Berneck SA, pela doação das partículas de *Pinus taeda*, resina e aditivos e liberação do laboratório para análises, em especial ao Sr. Lenoir da Silveira e aos técnicos Jean, Pedro e Gerson.

Ao Prof. Msc. Guilherme Prata, pelo apoio, auxílio e colaboração durante a execução do projeto de dissertação, bem como pela amizade ao longo dos últimos oito anos.

Ao Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha, pela oportunidade durante disciplinas e principalmente pelo incentivo aos objetivos de longo prazo.

Ao Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke, pela amizade e pronta disponibilidade de uso do Laboratório de Usinagem da Madeira, e ao Prof. Dr. Ivan Venson pela ajuda prestada.

Ao Prof. Dr. Umberto Klock, e ao Prof. Msc. Alan Sulato de Andrade por todo auxílio e prestatividade durante a realização das análises químicas.

À Prof^a Dr^a Graciela Inês Bolzon de Muniz e à Prof^a Dr^a Silvana Nigoski, pelo grande apoio e auxílio durante as análises anatômicas.

Ao Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva pela concessão de uso do Laboratório de Energia e Biomassa Florestal, e à Eng^a Clarice de Andrade pela amizade e auxílio no desenvolvimento das análises.

Aos professores do Manejo Florestal, Dr. Sebastião do Amaral Machado, e Dr. Décio Figueiredo, pelo incentivo e auxílio auxílio às dúvidas relacionadas à dendrometria e cubagem.

Ao Laboratório de Tecnologia da Madeira, em especial aos graduandos de Engenharia Industrial Madeireira, Vinicius Yurk da Rocha e Erivelton Gheller, pela convivência e auxílio durante o encerramento da coleta de dados.

Às funcionárias da Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Lucia Burda e Mariza Drusina, por todo apoio.

Ao Prof. Antonio Higa e a equipe do Laboratório de Melhoramento Florestal, pelo auxílio e informações durante a realização do projeto.

Aos funcionários Sr. Ademir José Cavali do Laboratório de Painéis de Madeira, e Sr. Vitor Herrera, do Laboratório de Usinagem da Madeira, o reconhecimento de suas atividades, que foram de fundamental importância para a realização deste estudo.

A Pesquisadora Patrícia Povia de Matos da Embrapa Florestas, pelo pronto atendimento às solicitações de material de pesquisa.

Às bibliotecárias, Tânia de Barros Baggio e Rosangelis Visoni Azanha de Ornelas pelo auxílio durante a busca de literatura para estruturação deste trabalho e elaboração de ficha catalográfica.

Ao CNPq pela concessão de bolsa durante a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Engenheira Industrial Madeireira pela Universidade Federal do Paraná (2009). Atuou no período de 2003 a 2005 na Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. A partir de 2005 passou a integrar a equipe técnica e de pesquisa do Laboratório de Tecnologia da Madeira – UFPR. Participou de intercâmbio de pesquisa no Institut für Forstbenutzung und Forstlicharbeitswissenschaft, Universität Albert Ludwigs, Freiburg, Alemanha, no período de agosto a setembro de 2007. Em março de 2009 ingressou no Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, como bolsista de mestrado do CNPq, desenvolvendo projeto de pesquisa na área de Painéis de Madeira. Defendeu dissertação em 26 de abril de 2010, sob o título “Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas de rápido crescimento, para a produção de painéis de madeira aglomerada”. Iniciou o doutorado em maio de 2010, nesta mesma instituição.

RESUMO

A indústria de base florestal tem evoluído notadamente nos últimos anos, e continua em acentuada expansão tecnológica, tanto em termos de processos como de produtos. Entre os diversos tipos de produtos florestais, os painéis de madeira aglomerada tem se destacado, apresentando as maiores taxas de crescimento devido à ampla diversidade de produtos e a flexibilidade de aplicação para os mais variados fins, suprimindo tanto em quantidade quanto em qualidade as demandas do setor madeireiro. Para atender esta crescente demanda, torna-se necessário desenvolver novos produtos e melhorar a qualidade dos já existentes no mercado. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de utilização de espécies florestais alternativas de rápido crescimento, provenientes de plantios florestais, para produção de painéis de madeira aglomerada. Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas as espécies: *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata*, provenientes de plantios florestais experimentais com aproximadamente 18 anos de idade, localizados em Corupá – SC, de propriedade da Battistella Florestal. Para estas espécies foi determinada a potencialidade volumétrica, e efetuadas análises anatômicas, físicas e químicas. As espécies foram processadas em laboratório para a obtenção das partículas, e os painéis de madeira aglomerada foram produzidos com densidade nominal de 0,80 g/cm³, resina Uréia-formaldeído, e utilizando os seguintes parâmetros de prensagem: temperatura de 160°C, pressão específica de 40 kgf/cm², e tempo de 8 minutos. O delineamento experimental englobou 18 tratamentos, produzindo-se painéis homogêneos, em mistura de espécies e painéis multicamadas. Os painéis obtidos foram caracterizados a partir dos seguintes ensaios físicos e mecânicos: Massa Específica Aparente, Teor de Umidade, Absorção de Água e Inchamento em Espessura, Variações dimensionais associadas a variações na umidade relativa, *Springback*, Perfil de Densidade, Flexão Estática, Tração Perpendicular a Superfície e Resistência ao Arrancamento de Parafuso, baseados nas Normas EN e NBR. Os resultados obtidos demonstraram propriedades físicas e mecânicas satisfatórias para todos os tratamentos, exceto para os tratamentos compostos com a espécie *Grevillea robusta*. As espécies que mais se destacaram na produção de painéis de madeira aglomerada foram a *Toona ciliata* e a *Melia azedarach*.

Palavras chave: Painéis de madeira. Painéis de madeira aglomerada. Espécies alternativas. Espécies florestais de rápido crescimento. Painéis homogêneos e multicamadas.

ABSTRACT

The forest based industry has been developing noticeably in the last years and keep in strong technological expansion, both in terms of process as well as in terms of products. Among the several types of forest products, particleboards have been outstanding, showing the highest growth rates due to the wide variety of products and flexibility of application for several purposes, attending not only in quantity but also in quality the demands of the wood sector. To meet this growing demand, it is necessary to develop new products or improve the quality of current products on the market. This study aimed to evaluate the feasibility of using alternative forest species of rapid growth, from forest plantations for the production of particleboard. To develop this study, it was used the following species: *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Schizolobium parahyba* and *Toona ciliata*, from experimental forest plantations with approximately 18 years, located in Corupá - SC, owned by Battistella Florestal. For these species have been given the potential volume, and performed anatomical, physical and chemical analysis. The species were processed in laboratory to obtain the particles, and particleboard were produced with nominal density of 0.80 g/cm³, urea-formaldehyde resin, with the following pressing parameters: temperature of 160° C, specific pressure of 40 kgf/cm², and time of 8 minutes. The experiment comprised 18 treatments, producing panels pure or homogeneous, with mixture of species and multilayer boards. The produced panels were characterized with the following physical and mechanical tests: density, moisture content, water absorption and thickness swelling, dimensional variations associated with variations in relative moisture, *Springback*, Density Profile, Static bending, Internal bond and pullout strength of screws, based on the EN Standards and NBR. The results showed physical and mechanical properties satisfactory for all treatments except for treatments performed with the specie *Grevillea robusta*. The species that presented the best results in the production of particleboard were *Toona ciliata* and *Melia azedarach*.

Keywords: Wood panels. Particleboard. Alternative species. Forest species of rapid growth. Homogeneous and multilayer panels.

RESUMEN

La industria forestal ha evolucionado notablemente en los últimos años y continúa en acentuada expansión tecnológica tanto en términos de procesos y productos. Entre los diferentes tipos de productos forestales, se han destacado los tableros de madera aglomerada, presentando las mayores tasas de crecimiento debido a la amplia diversidad de productos y la flexibilidad de aplicación para los más variados fines, supliendo tanto en cantidad como en calidad, las demandas del sector maderero. Para atender esta creciente demanda, se torna necesario el desarrollar nuevos productos y mejorar la calidad de los ya existentes en el mercado. Así, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de utilización de especies forestales alternativas de rápido crecimiento, provenientes de plantaciones forestales, para la producción de tableros de madera aglomerada. Para el desarrollo de este estudio fueron utilizadas las especies: *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Schizolobium parahyba* y *Toona ciliata*, provenientes de plantaciones forestales experimentales con aproximadamente 18 años de edad, localizados en Corupá – SC, propiedad de la empresa Battistella Florestal. A las especies se les determinó el potencial volumétrico y fueron realizados los análisis anatómicos, físicos y químicos. Las especies fueron procesadas en laboratorio para la obtención de partículas, los tableros aglomerados fueron producidos con resina urea-formaldehído, densidad nominal de $0,80 \text{ g/cm}^3$, utilizando los siguientes parámetros de prensado: temperatura de 160°C , presión específica de 40 kgf/cm^2 y tiempo de 8 minutos. El delineamiento experimental englobó 18 tratamientos, produciéndose tableros puros u homogéneos, en mezcla de especies y paneles multicapas. Los tableros obtenidos fueron caracterizados a partir de los siguientes ensayos físico-mecánicos: Masa Específica Aparente, contenido de Humedad, Absorción de Agua e hinchamiento en Espesor, Variaciones dimensionales asociadas a variaciones en la humedad relativa, *Springback*, Perfil de Densidad, Flexión Estática, Tracción Perpendicular a la Superficie y Resistencia al Arrancamiento de tornillo, basados en las Normas EN y NBR. Los resultados obtenidos demostraron propiedades físicas y mecánicas satisfactorias para todos los tratamientos, excepto para los tratamientos compuestos con la especie *Grevillea robusta*. Las especies que más se destacaron en la producción de tableros de madera aglomerada fueron *Toona ciliata* y *Melia azedarach*.

Palabras clave: Tableros de madera. Tableros de madera aglomerada. Especies alternativas. Especies forestales de rápido crecimiento. Tableros homogéneos y multicapas.

RÉSUMÉ

L'industrie forestière a évolué remarquablement ces dernières années et continue en pleine expansion au niveau technologique, tant en termes de processus qu'en termes de produits. Parmi les différents types de produits forestiers, les panneaux de bois aggloméré ont été mis en évidence, et présentent les taux de croissance les plus élevés en raison de la grande variété de produits et de souplesse d'application à diverses fins, en fournissant à la fois la quantité et la qualité aux demandes du secteur du bois. Pour répondre à cette demande croissante, il est nécessaire de développer de nouveaux produits ou d'améliorer la qualité des produits existants sur le marché. Ce travail visait à évaluer la faisabilité d'utiliser des essences forestières alternatives de croissance rapide, provenant de plantations forestières pour la production de panneaux agglomérés. Pour réaliser cette étude, les espèces suivantes ont été utilisées: *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Schizolobium parahyba* et *Toona ciliata*, provenant de plantations de forêts expérimentales, avec environ 18 ans, situés à Corupá - SC, détenue par Battistella Florestal. Pour chacune de ces espèces, la capacité volumétrique a été déterminée, et les analyses anatomiques, physiques et chimiques ont été effectuées. Les espèces ont été traitées dans le laboratoire pour obtenir des particules. Des panneaux de bois aggloméré ont été produits avec une densité nominale de 0,80 g/cm³, de la résine d'urée-formaldéhyde, et sur les paramètres de pressage suivants : température de 160°C, la pression spécifique de 40 kgf/cm², et un temps de 8 minutes. L'expérience comprenait 18 traitements, à la production de panneaux pure ou homogène, le mélange des espèces et des panneaux multicouches. Les panneaux obtenus ont été caractérisés avec les essais physiques et mécaniques suivants : densité apparente, teneur en humidité, absorption d'eau et gonflement en épaisseur, variations dimensionnelles associées à des variations de l'humidité relative, *Springback*, profil de densité, de flexion statistique, traction perpendiculaire à la surface et de résistance à l'arrachement de la vis, fondé sur les normes EN et NBR. Les résultats obtenus ont montré des propriétés physiques et mécaniques satisfaisantes pour tous les traitements, sauf pour les traitements composés avec l'espèce *Grevillea robusta*. Les espèces qui se distinguent dans la production de panneaux de bois aggloméré ont été la *Toona ciliata* et le *Melia azedarach*.

Mots clés : Panneaux de bois. Panneaux de bois aggloméré. Espèces alternatives. Espèces forestières de croissance rapide. Panneaux homogènes et multicouches.

ZUSAMMENFASSUNG

Die forst industrie hast während die lätze Jahre benötigte entwickelt und dieses technologie entwicklung läuft weiter, so in prozess wie in produkte. Zwischen die menge auf forst Produkte, einen Vorsprung ist die Spanplatte, ziegen mehr Wachstumsrate wegen die gross menge von Produkte und Ihre gross Anwendungsbereich. Deswegen, Spanplatte kann, beide in quantität und qualität, der Holz Märkt Verbrauch befriedigen. Um diese wachsend Nachfrage zu behandeln, ist unerlässlich neu erzeugnisse erzeugen und der vorhanden Produkte qualität entwickeln. Hierdurch, diese Arbeit hat wie Ziel der benutzung von schnell wachstum Alternative forst Arten möglichkeit abschätzen. Die benutzt Proben in diese Projekt waren holz proben herkommen von Spanplatte ziel forst. Die Arten analysiert waren: *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Schizolobium parahyba* und *Toona ciliata*, herkommen von 18 Jahre alt versuchsweise forst plantage, im Corupá (SC) geleet, Battistela Florestal grundbesitz. Diesen Arten hatten ihren potentiell Volumen und anatomische, physik und chemische eigenschaften analysiert. Die Arten waren in Labor abgelaufft um Späne zu erreichen und die Spanplatte waren mit $0,80\text{g/cm}^3$ dichte und Hernstoff-Formaldehyd Harz hergestellt. Die Presse parameter waren: 160°C temperatur, 40kgf/cm^2 spezifische druck und 8 Minuten Laufzeit. 18 Behandlung waren benutzt und rein und homogen Platten sind hergestellt mit Arten und multischichte platten mischung. Der bekommende Platten waren durch physik und mechanic test analysiert wie: Dichte, Feuchtigkeit, Wasser aufnahmung, Dicke Bausch, Ausmass veränderung wegen relativ feuchtigkeit, *Springback*, Statik Biegung, Reissfestigkeit und Schraubefestigkeit, auf Normen EN und NBR begründet. Die Ergebnisse zeigen zufriedenstellende physische und mechanische Eigenschaften für alle Behandlung, ausnehmen die Behandlung mit der *Grevillea robusta* Art. Die Arten die besser Ergebnisse zeigen sind *Toona ciliata* und *Melia azedarach*.

Schlüsseln-Wörter: Holz Platten, Spanplatten, Alternative Arten, schnell wachstum forst Arten, homogen Platten und multischichte.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– PROJEÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA NO BRASIL (2010 - 2020)	26
FIGURA 2	– INTERAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE E AS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE PARTÍCULAS	27
FIGURA 3	– CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	56
FIGURA 4	– CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>Melia azedarach</i>	64
FIGURA 5	– CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>Grevillea robusta</i>	73
FIGURA 6	– CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>Schizolobium parahyba</i>	81
FIGURA 7	– CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE <i>Toona ciliata</i>	86
FIGURA 8	– LOCAL DE COLETA DO MATERIAL DE ESTUDO	93
FIGURA 9	– ÁREAS DE COLETA DE MATERIAL	94
FIGURA 10	– METODOLOGIA UTILIZADA PARA DESCRIÇÃO DOS CARACTERES ANATÔMICOS	97
FIGURA 11	– ESQUEMA DE RETIRADA DOS DISCOS PARA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA	97
FIGURA 12	– EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES QUÍMICAS ..	100
FIGURA 13	– PROCESSAMENTO DAS PARTÍCULAS	102
FIGURA 14	– FIGURA 14 – PRODUÇÃO DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	107
FIGURA 15	– ESQUEMA DE CORTE PARA DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	108
FIGURA 16	– CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E CLIMATIZAÇÃO ..	109
FIGURA 17	– ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS	111
FIGURA 18	– ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	120
FIGURA 19	– ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Melia azedarach</i>	121
FIGURA 20	– ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Grevillea robusta</i>	122

FIGURA 21 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Schizolobium parahyba</i>	123
FIGURA 22 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Toona ciliata</i>	124
FIGURA 23 – CARACTERÍSTICAS DAS PARTÍCULAS GERADAS	125

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÃO, IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E CONSUMO INTERNO DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	25
TABELA 2 – COMPORTAMENTO DO <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> EM DIFERENTES IDADES E LOCAIS	52
TABELA 3 – VALORES DENDROMÉTRICOS MÉDIOS DE UMA PLANTAÇÃO DE PARAISO GIGANTE NAS PROVÍNCIAS DE SANTIAGO DEL ESTERO E MISIONES – ARGENTINA	60
TABELA 4 – PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DA <i>Grevillea robusta</i> NOS ESTADOS DO PARANÁ E SÃO PAULO COM DIFERENTES IDADES	68
TABELA 5 – CRESCIMENTO DO <i>Schizolobium parahyba</i> EM QUATRO ESTADOS DO BRASIL	76
TABELA 6 – ESPÉCIES UTILIZADAS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	92
TABELA 7 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	105
TABELA 8 – VALORES MÉDIOS DE DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO, ALTURA TOTAL, ALTURA COMERCIAL, VOLUME COM CASCA, VOLUME SEM CASCA E PERCENTUAL DE CASCA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	115
TABELA 9 – VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DA MADEIRA	126
TABELA 10 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA – COMPONENTES MACROMOLECULARES, EXTRATIVOS TOTAIS E MATERIAIS INORGÂNICOS.....	128
TABELA 11 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA – EXTRATIVOS E pH	132
TABELA 12 – GRANULOMETRIA E TEOR DE UMIDADE DAS PARTÍCULAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS	136
TABELA 13 – VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO, LARGURA, ESPESSURA, ÍNDICE DE ESBELTEZ, RAZÃO DE PLANICIDADE, ÁREA SUPERFICIAL E DISPONIBILIDADE DE RESINA DAS PARTÍCULAS	139
TABELA 14 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA RESINA URÉIA FORMALDEÍDO	141

TABELA 15 – VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA, MASSA ESPECÍFICA DOS PAINÉIS E RAZÃO DE COMPACTAÇÃO DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	143
TABELA 16 – VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA, MASSA ESPECÍFICA DOS PAINÉIS E RAZÃO DE COMPACTAÇÃO DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	145
TABELA 17 – VALORES MÉDIOS DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	146
TABELA 18 – VALORES MÉDIOS DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	148
TABELA 19 – VALORES MÉDIOS DE TEOR DE UMIDADE DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	150
TABELA 20 – VALORES MÉDIOS DE TEOR DE UMIDADE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	151
TABELA 21 – VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA EM 2 E 24 HORAS DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	154
TABELA 22 – VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA EM 2 E 24 HORAS DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	157
TABELA 23 – VALORES MÉDIOS DA TAXA DE NÃO RETORNO EM ESPESSURA – <i>SPRINGBACK</i> OU INCHAMENTO RESIDUAL – DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	161
TABELA 24 – VALORES MÉDIOS DA TAXA DE NÃO RETORNO EM ESPESSURA – <i>SPRINGBACK</i> OU INCHAMENTO RESIDUAL - DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	163
TABELA 25 – VARIAÇÕES DIMENSIONAIS ASSOCIADAS A VARIAÇÕES NA UMIDADE RELATIVA DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	165
TABELA 26 – VARIAÇÕES DIMENSIONAIS ASSOCIADAS A VARIAÇÕES NA UMIDADE RELATIVA DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	167
TABELA 27 – VALORES MÉDIOS DO MÓDULO DE RUPTURA E MÓDULO DE ELASTICIDADE DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	169
TABELA 28 – VALORES MÉDIOS DO MÓDULO DE RUPTURA E MÓDULO DE ELASTICIDADE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	172
TABELA 29 – VALORES MÉDIOS DE TRAÇÃO PERPENDICULAR A SUPERFÍCIE DOS PAINÉIS HOMOGENEOS	175
TABELA 30 – VALORES MÉDIOS DE TRAÇÃO PERPENDICULAR A SUPERFÍCIE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	176

TABELA 31 – VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA SUPERFÍCIE E NO TOPO DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS	178
TABELA 32 – VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA SUPERFÍCIE E NO TOPO DOS PAINÉIS MULTICAMADAS	180
TABELA 33 – RESUMO DAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS E MULTICAMADAS	182

LISTA DE SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente
ABIPA – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
ANCOVA – Análise de Covariância
ANOVA – Análise de Variância
COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas
CAP – Circunferência na Altura do Peito
DAP – Diâmetro na Altura do Peito
IMAd – Incremento Médio Annual em diâmetro
IAWA – International Association of Wood Anatomists
FF – Fenol-formaldeído
MDP – Medium density particleboard
MDF – Medium density fiberboard
MOR – Módulo de Ruptura
OSB – Oriented Strand Board
PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira
UF – Uréia-formaldeído

LISTA DE ABREVIATURAS

Ac – *Acrocarpus fraxinifolius*
Gr – *Grevillea robusta*
Ma – *Melia azedarach*
Pt – *Pinus taeda*
Sp – *Schizolobium parahyba*
Tc – *Toona ciliata*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	22
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 CARACTERÍSTICAS DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	23
2.2 PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA..	24
2.3 FATORES QUE AFETAM AS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	27
2.3.1 Fatores inerentes a madeira	28
2.3.1.1 Espécie	28
2.3.1.2 Massa específica	30
2.3.1.3 Extrativos	32
2.3.1.4 pH	34
2.3.2 Fatores inerentes ao processo	36
2.3.2.1 Geometria das partículas	36
2.3.2.2 Massa específica dos painéis	38
2.3.2.3 Razão de Compactação	40
2.3.2.4 Umidade das partículas	41
2.3.2.5 Composição dos painéis	43
2.3.2.6 Resina	44
2.3.2.7 Parafina	45
2.3.2.8 Parâmetros de prensagem	47
2.3.2.8.1 Temperatura	48
2.3.2.8.2 Tempo	49
2.3.2.8.3 Pressão específica	50
2.4 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS	51
2.4.1 <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight & Arn – Mundani	51
2.4.2 <i>Melia azedarach</i> L. – Cinamomo	57

2.4.3 <i>Grevillea robusta</i> Cunn – Grevílea	65
2.4.4 <i>Schizolobium parahyba</i> Vell. Blake – Guapuruvu	74
2.4.5 <i>Toona ciliata</i> M. Roem – Cedro australiano	82
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	87
2.5.1 Teste de <i>outliers</i>	87
2.5.2 Teste de Normalidade de dados.....	88
2.5.3 Teste de Homogeneidade de Variâncias	89
2.5.4 Análise de Variância	89
2.5.5 Análise de Covariância	90
2.5.6 Teste de Comparação de Médias	91
3 MATERIAIS E MÉTODOS	92
3.1 ESPÉCIES ESTUDADAS	92
3.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL E AMOSTRAGEM DO MATERIAL	92
3.2.1 Descrição do local	92
3.2.2 Amostragem do material em campo	93
3.2.3 Cubagem e corte do material em laboratório	95
3.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA	96
3.3.1 Análise anatômica	96
3.3.2 Massa específica básica	97
3.3.3 Análise química	98
3.3.4 Processamento das partículas	100
3.3.4.1 Granulometria das partículas	101
3.3.4.2 Geometria das partículas	103
3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA RESINA	103
3.5 MANUFATURA DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	104
3.5.1 Delineamento experimental	104
3.5.2 Produção dos painéis de madeira aglomerada	105
3.5.3 Climatização dos painéis	106
3.6 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA	106
3.6.1 Confeção dos corpos de prova	106
3.6.2 Determinação das Propriedades Físicas	110
3.6.3 Determinação das Propriedades Mecânicas	110

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	112
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	114
4.1 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E VOLUMÉTRICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	114
4.2 PROPRIEDADES DA MADEIRA	119
4.2.1 Descrição anatômica das espécies	119
4.2.1.1 <i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	119
4.2.1.2 <i>Melia azedarach</i>	120
4.2.1.3 <i>Grevillea robusta</i>	121
4.2.1.4 <i>Schizolobium parahyba</i>	122
4.2.1.5 <i>Toona ciliata</i>	123
4.2.2 Massa Específica Básica	125
4.2.3 Química da madeira	127
4.3 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSAMENTO DA MADEIRA E DAS PARTÍCULAS	135
4.3.1 Granulometria das Partículas	135
4.3.2 Geometria das Partículas	138
4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA RESINA	141
4.5 PROPRIEDADES DOS PAINÉIS	142
4.5.1 Propriedades Físicas	142
4.5.1.1 Massa Específica Aparente	142
4.5.1.1.1 Painéis Homogêneos	142
4.5.1.1.2 Painéis Multicamadas	144
4.5.1.2 Perfil de Densidade	146
4.5.1.2.1 Painéis Homogêneos	146
4.5.1.2.2 Painéis Multicamadas	147
4.5.1.3 Teor de Umidade	149
4.5.1.3.1 Painéis Homogêneos	149
4.5.1.3.2 Painéis Multicamadas	151
4.5.1.4 Absorção de Água e Inchamento em Espessura	153
4.5.1.4.1 Painéis Homogêneos	153
4.5.1.4.2 Painéis Multicamadas	157
4.5.1.5 Taxa de Não Retorno em Espessura – <i>Springback</i>	160

4.5.1.5.1 Painéis Homogêneos	160
4.5.1.5.2 Painéis Multicamadas	162
4.5.1.6 Variações dimensionais associadas a variações na umidade relativa	164
4.5.1.6.1 Painéis Homogêneos	164
4.5.1.6.2 Painéis Multicamadas	166
4.5.2 Propriedades Mecânicas	168
4.5.2.1 Resistência a Flexão Estática	168
4.5.2.1.1 Painéis Homogêneos	168
4.5.2.1.2 Painéis Multicamadas	172
4.5.2.2 Tração Perpendicular a Superfície	174
4.5.2.2.1 Painéis Homogêneos	174
4.5.2.2.2 Painéis Multicamadas	176
4.5.2.3 Resistência ao Arrancamento de Parafuso	178
4.5.2.3.1 Painéis Homogêneos	178
4.5.2.3.2 Painéis Multicamadas	179
4.6 RESUMO DAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS E MULTICAMADAS	181
5 CONCLUSÕES	183
6 RECOMENDAÇÕES	185
REFERÊNCIAS	186
APÊNDICE	215

1 INTRODUÇÃO

A indústria de base florestal tem evoluído notadamente nos últimos anos, e continua em acentuada expansão tecnológica, tanto em termos de processos como de produtos. Neste contexto, a indústria de painéis de madeira reconstituída tem se destacado e conseqüentemente apresenta grande relevância, já que pode suprir tanto em quantidade quanto em qualidade as demandas do setor madeireiro.

Dentre os painéis de madeira reconstituída, os painéis de madeira aglomerada assumem elevada importância, pelo fato de não demonstrar grandes exigências quanto a qualidade da matéria prima, além de apresentar as maiores taxas de crescimento devido à ampla diversidade de produtos, a flexibilidade de aplicação para os mais variados fins, e, principalmente pelo elevado crescimento da indústria moveleira, que é a principal consumidora deste tipo de painel.

Dados da ABIPA (2010) demonstram um aumento na capacidade produtiva das indústrias e no consumo de painéis, bem como a existência de novos investimentos para o setor. Estimativas prevêm que a produção nominal deste tipo de painel nos próximos dois anos será de aproximadamente 5,2 milhões de m³, aumentando desta forma, ainda mais o volume de madeira consumida no processo industrial.

Para atender esta demanda de matéria-prima cada vez mais crescente, torna-se necessário não somente aumentar as áreas de plantio com espécies atualmente utilizadas, mas também buscar opções de outras espécies de rápido crescimento que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa para suprir as necessidades das indústrias, bem como, contribuir para o desenvolvimento e geração de novos produtos.

Para avaliar a viabilidade de utilização de espécies não convencionais na indústria de painéis de madeira aglomerada, pesquisas devem ser conduzidas, onde

o conhecimento das características destas espécies ou a tendência de seus comportamentos é de fundamental importância para adequabilidade a este produto. Verifica-se ainda, que nos últimos anos poucos estudos foram realizados com este intuito.

Sob o ponto de vista tecnológico, a utilização de espécies florestais alternativas pode contribuir para melhorar a qualidade e as propriedades dos painéis de madeira aglomerada, principalmente devido às diferentes características inerentes a espécie. Pode ainda, significar um incentivo a introdução destas espécies em grandes áreas de florestas plantadas, uma vez assegurada a qualidade e os requisitos do produto em questão.

Neste contexto, ressalta-se a contribuição deste trabalho, visto que as espécies utilizadas nesta pesquisa não são tecnologicamente conhecidas para a produção de painéis de madeira aglomerada, buscando desta forma, adequabilidade e melhoria das propriedades do produto final.

Para proporcionar tal contribuição à indústria de painéis, foram estabelecidos os objetivos abaixo mencionados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial de utilização de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, provenientes de plantios florestais, para produção de painéis de madeira aglomerada.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever as características silviculturais, anatômicas, físicas e químicas das espécies utilizadas na produção dos painéis de madeira aglomerada.
- Avaliar o comportamento de cinco espécies alternativas de rápido crescimento para a produção de painéis de madeira aglomerada em composição homogênea e multicamadas.
- Avaliar o efeito individual e da mistura de espécies sobre as características físicas e mecânicas dos painéis produzidos.
- Estabelecer comparações dos resultados obtidos com a espécie tradicionalmente utilizada, *Pinus taeda*, e verificar o atendimento aos requisitos propostos pelas Normas EN e NBR.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Os painéis de painéis de madeira aglomerada, ou simplesmente aglomerados, caracterizam-se como painéis produzidos a partir de partículas de madeira distribuídas aleatoriamente, com a incorporação de um adesivo e aplicação de pressão e temperatura a fim de se obter um produto específico (MOSLEMI, 1974; BRITO, 1984; TSOUJIS, 1991; MALONEY, 1993; IWAKIRI, 2005).

Recentemente, assuntos relacionados às especificações e normatização deste produto tem sido alvo de inúmeras discussões a fim de consolidar a terminologia *Medium Density Particleboard* (MDP), ou painéis de partículas de média densidade no setor de base florestal. Além disso, o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como as etapas do processo produtivo tem sido extensivamente estudados a fim proporcionar melhorias quanto as propriedades e qualidade do produto final (ABNT NBR 14810).

Segundo Iwakiri (2005), os painéis de partículas surgiram no início da década de 40 na Alemanha, como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, frente a dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para laminação e produção de painéis de madeira compensada durante a Segunda Guerra Mundial.

No Brasil, a produção destes painéis teve início em 1966, com a instalação de uma planta industrial em Curitiba – PR. A partir daí surgiram inúmeras unidades industriais na Região Sul e Sudeste do país (IWAKIRI *et al.*, 2001), passando a caracterizar a partir de um período de discussão e inserção no mercado um importante e significativo produto no setor madeireiro.

Este painel, conforme relatado por pesquisadores clássicos e conceituados da área de Painéis de Madeira, a exemplo, Moslemi (1974), Maloney (1993), Iwakiri (2005), apresenta inúmeras vantagens quando comparado aos painéis compensados ou à madeira sólida. Entre estas vantagens, pode-se citar a eliminação dos efeitos da anisotropia e defeitos, a eliminação dos fatores redutores de resistência como nós, madeira juvenil, inclinação de grã, menor exigência quanto à matéria prima, menor custo de produção devido à qualidade da matéria prima e mão de obra e possibilidade de adequação e controle das propriedades físicas e mecânicas do produto final através do acompanhamento dos parâmetros do processo.

Em relação às demais características, os painéis de madeira aglomerada apresentam uma densidade entre 0,59 a 0,80 g/cm³ e são classificados quanto à geometria das partículas e sua distribuição no painel. Podem ainda ser classificados quanto ao adesivo utilizado e os processos de produção podem ser modificados para fabricar produtos adequados a usos finais específicos (IWAKIRI, 2005).

2.2 PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Os painéis de madeira aglomerada vêm apresentando as maiores taxas de crescimento dentre os produtos de madeira (LIMA; LIMA; BRITO, 2002). Segundo BARBOSA (2001) é um produto que desponta com grande potencial de comercialização. Tomaselli (1998) afirmou que devido ao fato de ser um produto competitivo pelo fato de apresentar o menor custo de matéria-prima entre os demais, o painel de madeira aglomerada penetrou rapidamente em alguns mercados, como por exemplo, o da indústria moveleira.

O crescimento da produção mundial deste tipo de painel tem sido altamente significativo, passando de 30 milhões de m³ em 1975, para mais de 60 milhões de

m³ em 1995 (TOMASELLI, 1999). Em 2000, a produção mundial alcançou 84 milhões de m³ onde os Estados Unidos da América se destacaram respondendo por 25% desse volume. O Brasil responde por aproximadamente 2% do volume produzido (FORTES, 2008).

O desempenho da produção brasileira, bem como o volume importado e exportado e o consumo destes painéis ao longo dos últimos anos podem ser visualizados na Tabela 1.

TABELA 1 – PRODUÇÃO, IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E CONSUMO INTERNO DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Ano	Produção (m ³)	Importação (m ³)	Exportação (m ³)	Consumo Interno (m ³)
2000	1.762.200	15.400	15.710	1.761.890
2001	1.833.000	46.300	7.810	1.871.490
2002	1.779.450	68.100	17.540	1.830.010
2003	1.859.140	72.500	12.880	1.918.760
2004	2.083.530	98.300	19.830	2.162.000
2005	2.048.960	78.400	25.750	2.101.610
2006	2.198.220	64.700	76.670	2.186.250
2007	2.557.140	28.080	37.390	2.547.830
2008	2.617.070	42.520	26.640	2.632.950

FONTE: ABIPA/SECEX (2010)

Nota-se que entre pequenas flutuações, tanto a produção quanto o consumo deste produto é crescente, totalizando 2,6 milhões de m³ no ano de 2008. Em comparação com a produção consolidada, verifica-se que os painéis aglomerados compõem 50% dos produtos particulados, seguido do MDF com 43% e de outros painéis de fibra (OSB e chapa dura) com 7% (ABIPA, 2010). Em relação aos painéis compensados de *Pinus* e de madeira tropical, observa-se uma similaridade de produção, onde estes totalizam também 2,6 milhões de m³, para o mesmo ano, no entanto, analisando a evolução histórica da produção e consumo do compensado

entre 1998-2008, observa-se que após um ápice em 2004, o mercado tem se mantido instável e em declínio, devido à forte dependência do mercado externo (ABIMCI, 2008).

De acordo com informações da ABIMCI (2007), as indústrias deverão aumentar sua capacidade produtiva e o tamanho das unidades industriais conforme já vem ocorrendo. A projeção de produção de painéis de madeira para 2010 - 2020 pode ser verificada na Figura 1.

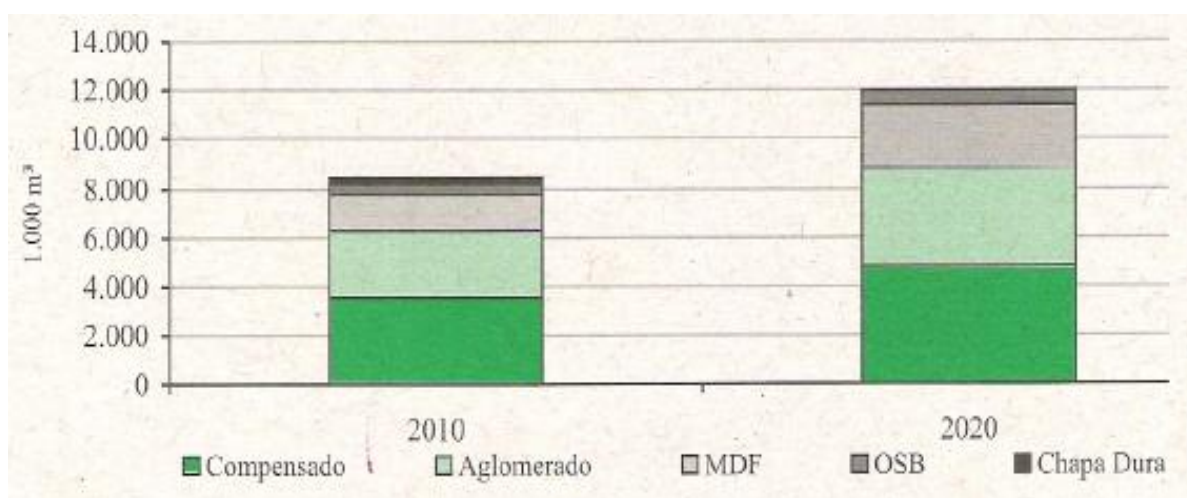


FIGURA 1 – PROJEÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA NO BRASIL (2010-2020)
FONTE: FAO (2004) adaptado por STCP (2007) – ABIMCI (2007)

Estima-se, ainda, um aumento da capacidade nominal das unidades industriais de MDP de 3,2 milhões de m³/ano em 2008 para 5,2 milhões de m³/ano até 2012 (ABIPA, 2010).

De acordo com Lima, Lima e Brito (2002) as elevadas taxas de crescimento apresentadas por estes painéis é justificada pela ampla variedade de produtos possíveis de serem fabricados e flexibilidade na aplicação para os diversos fins. De acordo com a ABIPA (2010), devido as suas características o painel de madeira aglomerada é especialmente indicado para a indústria moveleira e marcenaria, na

produção de móveis residenciais e comerciais de linhas retas, formas orgânicas que não exijam usinagens em baixo relevo, entalhes ou cantos arredondados.

2.3 FATORES QUE AFETAM AS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

No processo produtivo de painéis de madeira, inúmeras variáveis interagem influenciando as propriedades do produto final. As principais variáveis de influência e controle são a massa específica da madeira, densidade do painel, geometria das partículas, teor de umidade, tipo e teor do adesivo, método de formação do colchão e parâmetros de prensagem (MOSLEMI, 1974; KELLY, 1977; MALONEY 1993, BRITO *et al.*, 2005).

Na Figura 2 é possível visualizar de maneira mais completa a interação destas variáveis.

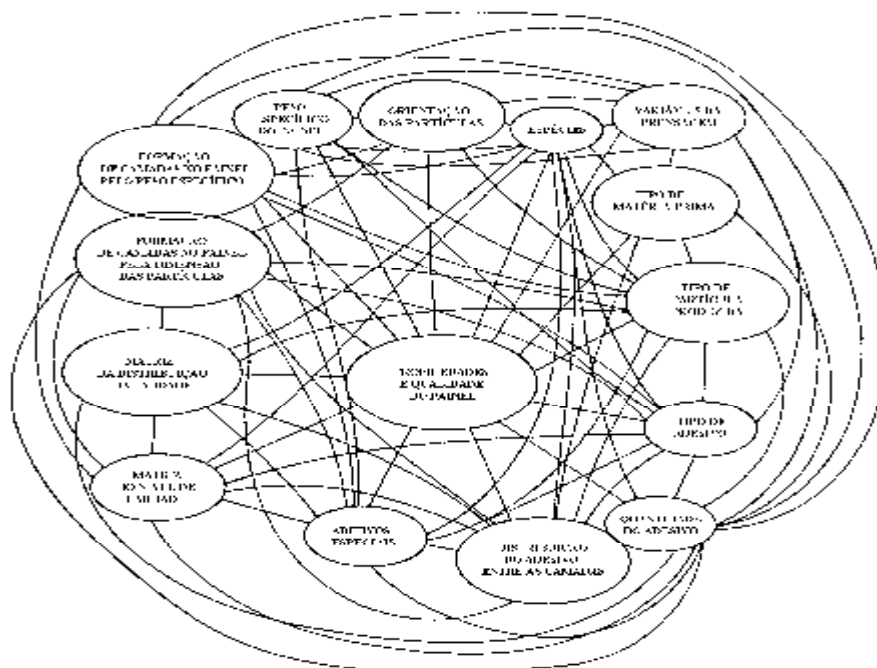


FIGURA 2 – INTERAÇÃO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE E AS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE PARTÍCULAS

FONTE: MALONEY (1993)

O controle destes fatores implica diretamente nas propriedades de resistência mecânica e estabilidade dimensional (KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; TSOUMIS, 1991).

2.3.1 Fatores inerentes a madeira

2.3.1.1 Espécie

A espécie de madeira a ser utilizada no processo de produção de painéis de madeira aglomerada é de fundamental importância, visto que a mesma pode exercer influências positivas e negativas no produto final (MALONEY, 1993). Segundo este mesmo autor, diferentes espécies produzem diferentes tipos de matéria prima, e esta matéria prima exerce acentuada influência sobre o tipo de partícula a ser produzida no processamento, além de interagir com todas as outras variáveis no processo, determinando as propriedades finais do painel.

As espécies apresentam grande variabilidade na sua estrutura interna. Estas diferenças estruturais podem ser resumidas no arranjo dos tecidos, na ocorrência dos elementos anatômicos em diferentes proporções, nas dimensões dos elementos celulares e na localização dos componentes ao longo do fuste (TSOUMIS, 1991) condicionados pelas características genéticas da árvore (PINHEIRO, 1999) originando diferentes características.

De acordo com Silva (2002), o desconhecimento das características das espécies pode transformar vantagens em desvantagens durante o seu processamento. Moura (2000) complementou que algumas propriedades e características da madeira, e, conseqüentemente das espécies, limitam a sua

utilização e podem, dependendo da solicitação, desqualificá-la, causando, em algumas situações, a substituição por outros materiais.

Segundo Kollmann, Kenzi e Stamm (1975), as propriedades da madeira possuem um nítido efeito nas ligas adesivas e, geralmente, as madeiras de folhosas apresentam mais dificuldades do que as coníferas. Matos (1988) complementou que as espécies também exercem influência sobre os parâmetros de prensagem, onde as características anatômicas particulares estão presentes nas partículas submetidas a condição de compressão, o que influi na resistência oferecida a compactação sob as condições de pressão e temperatura.

A propriedade mais importante referente à espécie é a sua massa específica (FOSTER, 1967; KELLY, 1977). Muitas espécies não são indicadas para a produção de painéis reconstituídos, já que não apresentam uma massa específica adequada e outros requisitos necessários, ou são inviáveis economicamente (MOSLEMI, 1974).

Nos Estados Unidos, algumas das espécies consideradas adequadas para a produção de painéis são o *Douglas fir*, *Southern pine*, *West coast pine*, *Aspen*, *East coast pine*, *Hemlock poplar*, *White fir*, *Gun*, *Redwood*, *Red cedar* e *Maple Oak* (FOSTER, 1967), *Spruce*, *Lodgepole pine*, *Ponderosa pine*, *Red pine*, *Balsam fir*, *Jack pine*, *White pine* (MOSLEMI, 1974).

No Brasil, as espécies mais utilizadas para a produção de painéis de madeira são as do gênero *Pinus spp*, principalmente o *Pinus taeda* e o *Pinus elliotti*, amplamente empregados nas matrizes industriais em função das suas excelentes características, e responsáveis por sustentar o parque industrial madeireiro (IWAKIRI, 2002). Outras espécies em menor escala também são utilizadas e Keinert Jr. e Matos (1987) afirmaram que o desenvolvimento de estudos para utilização de novas espécies é necessário. Assim, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de avaliar a viabilidade técnica de espécies alternativas para a produção de painéis, como por exemplo, estudos conduzidos por Keinert Jr. (1980) com *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus robusta*, Brito (1984) com *Pinus patula*; Keinert Jr. e

Matos (1987) com *Pinus pinaster*; Haselein (1989) com *Eucalyptus grandis* e *Cecropia sp*; Nunes; Andrade e Brito, (1999) com *Euterpe edulis*; Iwakiri *et al.*, (2000) com *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pilularis*; Okino *et al.* (2000) com *Hevea brasiliensis*; Brito e Silva (2001) com *Gmelina arborea* e *Samanea saman*; Gonçalves *et al.* (2003) com *Mimosa caesalpiniaefolia*; Hillig; Haselein e Santini (2004) com *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*, Iwakiri *et al.* (2004) com *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus maculata*; Naumann *et al.* (2008) com *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*; Santos *et al.* (2009) com *Eremanthus erythropappus*, entre outras.

2.3.1.2 Massa específica

A massa específica da madeira está estreitamente relacionada à sua qualidade, e é uma característica bastante utilizada para a determinação do seu uso final (KOLLMANN, 1959; KOLLMANN; CÔTÉ, 1968; TSOUMIS, 1991; KLOCK, 2000; DIAS; LAHR, 2004; BITTENCOURT, 2004; PALERMO *et al.*, 2004; CHIES, 2005; RIGATTO, 2007).

Tsoumis (1991) complementou que por ser um indicativo de produtividade, esta propriedade é de grande interesse para indústrias, principalmente para as que produzem celulose, papel e painéis, bem como para a produção de madeira em florestas.

Vale *et al.*, (1995) considerando os processos tecnológicos, concluíram que é altamente desejável ter madeira com massa específica mais homogênea possível, pois este fato proporciona ao processo melhor rendimento e melhor qualidade do produto final.

Em relação aos processos industriais de painéis de madeira reconstituída, Pio (2002) mencionou que esta é a propriedade mais estudada, e Maloney (1993) afirma ser a variável mais importante relativa à espécie, influenciando as propriedades finais. Moslemi (1974) complementou que além de exercer influência sobre as propriedades dos produtos, a massa específica influencia os parâmetros do processo.

De acordo com Iwakiri (2005), um requisito básico para a matéria prima utilizada no processo produtivo de painéis de madeira aglomerada é ser de baixa massa específica. Espécies que apresentam massas específicas menores possibilitam a produção de painéis dentro da faixa adequada de densidade, além de proporcionar normalmente, propriedades de resistência superiores a espécies de massas específicas mais elevadas (KELLY, 1977; MALONEY, 1993).

Maloney (1993) por sua vez, afirmou que as espécies com massa específica de até $0,55 \text{ g/cm}^3$ são as mais adequadas para produção de painéis de partículas por atingirem uma razão de compactação entre 1,3 e 1,6, considerada a faixa ideal para o processo de densificação e consolidação do painel até a espessura final. Hillig (2000) complementou que massas específicas entre $0,40$ e $0,60 \text{ g/cm}^3$, são normalmente empregadas.

Partículas de espécies de madeiras mais densas, quando compactadas durante a prensagem, produzem uma baixa razão de compactação, prejudicando as propriedades do painel, necessitando assim, alterar outras variáveis do processamento, como aumentar o teor de resina, o que aumenta o custo de produção (MENDES, 2001). Segundo Kelly (1977) as espécies de massa específica menor possibilitam a produção de painéis de madeira aglomerada, assegurando uma área de contato satisfatória entre as partículas. Isto ocorre pelo fato de que espécies com densidades mais baixas necessitam de uma maior quantidade de partículas para se obter um painel com uma mesma densidade nominal e com o

conseqüente aumento do contato entre elas, resulta um aumento expressivo de resistência (BRITO, 1984).

Segundo Moslemi (1974), painéis confeccionados com espécies de baixa massa específica, apresentam aumento na resistência à flexão, resistência a tração, adesão interna, módulo de elasticidade. A resistência ao arrancamento de parafuso, absorção de água e inchamento em espessura são pouco afetados (MOLESMI, 1974; ALBERTO, 1992).

Hunt *et al.* (1978) afirmaram que espécies de madeira com massa específica relativamente alta podem ser utilizadas em misturas, e Iwakiri *et al.* (2000) complementam que o uso de misturas de madeiras de alta e baixa massa específica devem seguir proporções variáveis, conforme a magnitude da diferença da massa específica entre espécies. Exemplos do uso de misturas com madeira de alta massa específica foram conduzidos por El-Osta (1994), que avaliou proporções de madeira de espécies de *Casuarina glauca* e *Salix safsaf*; Cabral *et al.* (2007) que utilizaram *Pinus elliottii* em mistura com *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus cloeziana* para manter a densidade dos painéis em $0,70 \text{ g/cm}^3$; Naumann *et al.* (2008) que utilizaram *Eucalyptus urophylla* em mistura com *Schizolobium amazonicum* em diversas proporções, entre outros.

2.3.1.3 Extrativos

A madeira é um composto natural formado por um complexo químico, de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos (BROWING, 1963; FENGEL; WEGENER, 1989; EASTY; THOMPSON, 1991; SJÖSTRÖM, 1981; SAKA, 1993). Estas substâncias possuem uma distribuição desuniforme devido à estrutura anatômica (BROWING, 1963) e sua concentração muda de acordo com a região de

desenvolvimento (SAKA, 1993). Os componentes macromoleculares são compostos de material de alto peso molecular, e os componentes minoritários, como os extrativos, apresentam baixa massa molecular (KLOCK, 2000).

Os extrativos são compostos de óleos voláteis, terpenos, graxas, ésteres, alcoóis, mono e polissacarídeos, alcalóides e compostos aromáticos como, aldeídos, fenil-propano, estilbenos, flavonóides, taninos e quinonas (GOLDSTEIN, 1991). São extraídos com solventes orgânicos ou água e abrangem uma grande variedade de tipos químicos e um grande número de compostos individuais (BROWING, 1963; GOLDSTEIN, 1991) os quais são necessários para manter as diversas funções biológicas da árvore e para o entendimento da taxonomia e da bioquímica (SJÖSTRÖM, 1981). A maioria destes componentes minoritários é muito diferente entre espécies, e alguns componentes são limitados a certas espécies somente (HIGUCHI, 1997).

Segundo Sjöström (1981) o teor de extrativos é normalmente inferior a 10%. Higuchi (1997) complementou que madeiras tropicais podem apresentar maiores quantidades. Apesar do baixo teor de extrativos em relação aos demais componentes, sua presença pode influir na escolha da madeira para determinados fins, como os extrativos de cor ou voláteis que dão valor estético ou os compostos aromáticos que impedem o ataque da madeira por fungos e insetos; ou os taninos e resinas que interferem negativamente nos processos de hidrólise da madeira ou de produção da polpa (SANTOS 2008). Hillis e Brown (1978) afirmaram que o teor de extrativos é um dos mais importantes indicadores de conformidade da madeira para diversos usos industriais, onde a acentuada presença desses compostos inviabiliza a cura do cimento quando se utiliza tábuas como fôrmas em construções, e alteram ou comprometem a utilização de tintas e vernizes.

Na produção de painéis de madeira, estes compostos também exercem considerável influência. Os extrativos podem afetar as reações de polimerização do adesivo ou as reações entre adesivo e extrativo (LIMA *et al.*, 2007), influenciando

conseqüentemente na qualidade dos painéis produzidos (MARRA, 1992). Jankowsky (1988) concluiu que madeiras com elevados teores de extrativos apresentam dificuldades de colagem. Segundo Cloutier (1998), estas dificuldades de colagem podem ser resumidas numa linha de cola de baixo desempenho, gerando baixa resistência entre as partículas. Sobral Filho (1982) afirmou que isso em parte é atribuído ao decréscimo de umedecimento do substrato. Moslemi (1974) e Kollmann, Kenzi e Stamm (1975) complementaram que o elevado teor destes componentes pode reduzir consideravelmente a resistência à adesão interna, no entanto, pode também proporcionar um relativo aumento na resistência a umidade.

2.3.1.4 pH

O pH de uma solução é uma medida de sua concentração de íons de hidrogênio. Tais medidas são de grande importância em muitas formas de investigação e controle industrial (STAMM, 1964). Em termos de processamento e aproveitamento da madeira, o pH influi na corrosão de metais, na fixação de determinados preservantes químicos, na coloração de algumas madeiras expostas a radiação solar, na aplicação de tintas e vernizes e na polimerização de colas e adesivos (ALBIN, 1975).

De acordo com Stamm (1964) o intervalo de pH para madeira está situado entre 3,0 e 5,5. Segundo este mesmo autor, um pH ácido é devida à presença de extrativos ácidos ou da adsorção de cátions ou dos sais que a compõem a cinzas, deixando as soluções de equilíbrio ligeiramente ácido. Browing (1963) complementou que a mais importante consideração sobre aumento da acidez é causada pela hidrólise do grupo acetil para ácido acético na presença de água quente.

A acidez da madeira depende da quantidade e dos tipos dos extrativos. Normalmente o pH do alburno situa-se entre 5 e 6 para quase todas as espécies e o pH do cerne alcança valores de 3 a 4 (JONHS; NIAZI, 1980). Este aumento da acidez no sentido medula-casca é devido à maior quantidade de extrativos no cerne e a hidrólise gradual dos grupos acetil, com a formação concomitante de ácido acético (STEWART *et al.*, 1961).

A influência do pH sobre a colagem de madeiras é estudada por muitos autores, como por exemplo, Kollmann, Kenzi e Stamm (1975); Fengel e Wegener (1989), Pizzi (1983), Poblete e Pinto (1993), Lebow e Winandy (1998); Nussbaun e Sterley (2002). Binder (1967) relatou que a acidez da madeira determina a taxa de cura da resina e auxilia imensamente na determinação do tempo de prensagem, e Kollmann, Kenzi e Stamm (1975) complementaram que a influência que o pH exerce sobre a solidificação do adesivo pode ser controlado.

Madeiras que apresentam pH pouco ácido requerem um catalisador externo para acelerar a cura da resina uréia-formaldeído e efetuar a prensagem em um tempo aceitável, no entanto, o uso excessivo de catalisador pode levar a pré-cura, enfraquecer e deteriorar a colagem (BINDER, 1967).

Já espécies com alta acidez podem resultar em pré-cura deste tipo de adesivo, prejudicando as propriedades do painel (MALONEY, 1993). Albuquerque (2002) complementou que álcalis ou ácidos extremos reduzem a resistência do adesivo e materiais celulósicos como a madeira, são particularmente afetados. Desta forma, o uso destas espécies não apresentam aptidão, ou em casos extremos exigem tratamento de lâminas ou partículas para elevação do pH, sendo em algumas vezes tecnicamente inviáveis.

A fim de se empregar adesivos de forma econômica e adequada ao tipo de operação utilizado nas unidades industriais, condições químicas apropriadas devem ser determinadas na montagem do painel, para a cura da resina propriamente dita. (MALONEY, 1993).

2.3.2 Fatores inerentes ao processo

2.3.2.1 Geometria das partículas

Os processos tecnológicos empregados pelas indústrias de produtos de base florestal possuem rígidas exigências em relação a inúmeros fatores, entre eles, à geometria das partículas (NAUMANN *et al.*, 2008). O termo geometria da partícula geralmente se refere ao tamanho e tipo da partícula, e a direção da grã em relação ao eixo longitudinal (MALONEY *et al.*, 1976).

Segundo Mottet (1967), Bodig e Jayne (1982) e Hunt *et al.* (1978), a geometria das partículas tem sido reconhecida por seus efeitos sobre as propriedades dos painéis. Mottet (1967) complementa que esta variável influencia também o processo de produção.

Allan (1978) relatou que partículas de boa qualidade produzem painéis com estabilidade dimensional superior do que com partículas de baixa qualidade ou inadequadas. Jagger (1992) complementou que a melhoria da qualidade das partículas, em conexão com o abastecimento de matéria-prima disponível, é uma questão fundamental para a indústria de particulados.

Importantes características derivam da geometria das partículas, sendo elas, o índice de esbeltez, a razão de planicidade e área superficial específica (MALONEY *et al.*, 1976). O índice de esbeltez é um parâmetro altamente importante e exerce influência sobre as características vitais do painel, como por exemplo, a área de contato entre as partículas, as propriedades mecânicas, e o consumo relativo de resina. Já a razão de planicidade está estreitamente ligada ao volume relativo de ar do colchão e a área superficial específica também se relaciona com o consumo de resina (ALBERTO, 1992).

Segundo Maloney (1989), a resistência e rigidez à flexão e a resistência à tração paralela e perpendicular à superfície, ao arrancamento de parafusos e pregos são influenciadas pelo tamanho das partículas que, além disso, influenciam a absorção de água e de outros líquidos que causam alteração na estabilidade dimensional e modificações superficiais nos painéis.

Partículas longas e finas resultam em maior índice de esbeltez e produzem painéis com maior resistência à flexão estática e maior estabilidade dimensional (VITAL; HASELEIN; DELLA LUCIA, 1992). Iwakiri (2005) complementou que o índice de esbeltez além de influenciar as propriedades mecânicas e dimensionais, exerce influência sobre a qualidade de acabamento e a usinabilidade. Bowyer, Shmulsky e Haygreen (2003) corroboraram que partículas pequenas e finas são mais adequadas a camada externa ou superficial, proporcionando assim um bom acabamento. Segundo estes autores, boas características superficiais são importantes quando o painel é destinado à produção de móveis, já que os mesmos requerem um bom acabamento para pintura ou revestimento.

Já painéis fabricados com partículas curtas e espessas aumentam a resistência à tração perpendicular ou adesão interna (VITAL; HASELEIN; DELLA LUCIA, 1992). A espessura das partículas tem também um efeito importante sobre a estabilidade dimensional dos painéis. A estabilidade em espessura aumenta quando se reduz a espessura da partícula (ALBERTO, 1992).

Considerando exclusivamente o tamanho das partículas, Moslemi (1974), Kelly (1977) e Maloney (1993), afirmaram que partículas menores, devido à maior área superficial requerem maior consumo de resina. Partículas maiores apresentam menor área superficial e conseqüentemente maior é a disponibilidade de resina. Poblete e Pinto (1993) corroboraram que uma madeira com massa específica muito baixa implica em inclusão de maior volume de partículas no processo, que por conseqüência, reduz a quantidade de resina disponível. Kelly (1977) reforçou a importância das dimensões das partículas relatando que as mesmas devem ser

rigorosamente controladas no processo produtivo a fim de se obter produtos homogêneos.

Industrialmente, são utilizadas partículas de dimensões maiores na camada interna e partículas menores, ou finos, na camada externa. A utilização de finos na superfície dos painéis objetiva conferir ao painel melhor acabamento superficial, visando principalmente melhorar as condições de aplicação de materiais de revestimento (IWAKIRI *et al.*, 2005). Por outro lado, um elevado percentual de finos aumenta o consumo de resina e prejudica a qualidade dos painéis, reduzindo a adesão interna entre as camadas interna e externa do painel (JAGGER, 1992).

Em termos de processamento, alterada a geometria das partículas é necessário ajustar outras variáveis, bem como alterar a quantidade de adesivo (ALBERTO, 1992). Matos (1988) evidenciou a importância da geometria das partículas no processo, mencionando que este fator representa uma função particular, permitindo ou dificultando a transferência de calor através da espessura do painel submetido à prensagem.

2.3.2.2 Massa específica dos painéis

A massa específica de produtos baseados em lâminas, *strands* e partículas, diferem da massa específica da madeira sólida, devido à adição de adesivos, aditivos e pela compressão exercida durante o processo de manufatura (BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2003). Estes mesmos autores afirmaram que 3 a 12% desta variável é composta por adesivos ou aditivos.

A massa específica dos painéis de madeira exerce considerável influência sobre as propriedades físicas e mecânicas. Segundo Moslemi (1974), Kelly (1977), Maloney (1993) e Mendes (2001), painéis com maior massa específica apresentam

maior resistência mecânica, entretanto a sua estabilidade dimensional é prejudicada. Estes autores atribuem este comportamento à maior quantidade de partículas de madeira e, conseqüentemente, à maior densificação do material durante o processo de prensagem.

Esta propriedade está intimamente associada à massa específica das madeiras empregadas na sua fabricação e à taxa de compressão necessária para a sua compactação (HILLIG, 2000).

Considerando a massa específica da madeira para painéis de uma mesma massa específica, Alberto (1992) relatou que painéis manufaturados com espécies de massa específica mais baixa, apresentam maior resistência a flexão estática e a tração perpendicular, no entanto, este autor mencionou que o arrancamento de parafuso, a absorção de água e o inchamento em espessura são pouco afetados.

Vital e Wilson (1980) argumentaram que o efeito da massa específica do painel na propriedade de variação dimensional se deve muito mais a exposição à umidade. Este autor exemplifica que em condições com baixa umidade relativa, o aumento em espessura independe da massa específica do painel, no entanto, quando a exposição ocorre em altas umidades relativas, este tende a aumentar com o aumento da massa específica.

Por outro lado, o desenvolvimento de painéis de menor massa específica nos últimos anos, tem contribuído para a redução do potencial inchamento, melhorando além das propriedades dimensionais, as propriedades de isolamento térmico e acústico (KAWAI *et al.*, 1988 citado por KAWAI; SASAKI, 1993)¹.

Em relação ao ensaio de tração perpendicular, Vital, Lehmann e Boone (1974) corroboraram que esta propriedade aumenta consideravelmente com o

¹ KAWAI *et al.*, Mokuzaï Gakkaishi. J, **Japan Wood Res. Soc.** 34, 973-980,1988.

aumento da massa específica dos painéis, bem como as demais propriedades mecânicas, como já relatado.

A massa específica do painel pode ser modificada basicamente a partir de dois fatores, conforme exposto por Desch (1962): ou usando madeiras de diferentes massas específicas ou variando a densificação do painel. No entanto, Price (1977), complementou que esta variável depende também do método de fabricação, da orientação das partículas, e da utilização de misturas de diferentes espécies.

2.3.2.3 Razão de Compactação

A razão de compactação é a relação entre massa específica da madeira e massa específica do painel, sendo considerada uma faixa aceitável os valores entre 1,3 e 1,6 para que ocorra um contato adequado entre partículas de madeira e formação da ligação adesiva entre elas (MOSLEMI, 1974; MALONEY 1993). Segundo Maloney (1993), esta relação define o grau de densificação do material e apresenta considerável reflexo sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

Kollmann, Kenzi e Stamm (1975), afirmaram que todas as propriedades dos painéis são afetadas pela razão de compactação, em maior ou menor grau. Uma razão de compactação muito baixa prejudica a colagem e a resistência do painel, afetando a absorção de água por permitir maiores espaços para a sua penetração (KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; HILLIG, 2000; HILLIG; HASELEIN; SANTINI, 2002).

Já uma razão de compactação elevada caracteriza maior contato entre partículas e entre partículas e adesivo (KELLY, 1977). No entanto, uma maior razão de compactação do painel decorrente do uso de madeiras de baixa massa

específica, aumenta o inchamento em espessura, prejudicando a estabilidade dimensional dos painéis (MOSLEMI, 1974; KAWAI; SASAKI, 1993; TEODORO, 2008). Esta propriedade se destaca em painéis de maior massa específica ou compactação devido a maior quantidade de material lenhoso, resultando na maior liberação de tensões de compressão impostas durante o processo de prensagem (MOSLEMI, 1974; KELLY, 1977).

Pode-se comentar ainda que com uma menor massa específica da madeira e maior massa específica do painel simultaneamente, ocorre um maior consumo de adesivo por unidade de volume, estabelecendo-se relação direta com as propriedades mecânicas dos painéis (MARRA, 1992). Kawai e Sasaki (1993) complementaram ainda que as propriedades mecânicas dos painéis de partículas apresentam relação direta e linear com a razão de compactação.

2.3.2.4 Umidade das partículas

O teor de umidade das partículas se constitui numa variável de extrema importância para a produção de painéis de madeira aglomerada. Segundo Iwakiri (1989) e Albuquerque (2002), é um fator crítico e decisivo no desenvolvimento do gradiente vertical de densidade, assim como no tempo de prensagem. Kelly (1977) complementou que esta variável interfere direta e acentuadamente na reação química de polimerização e condensação do processo de cura da resina.

A importância do teor de umidade do material durante o ciclo de prensagem deve-se a influência que este exerce sobre a resistência da madeira a compressão. A umidade juntamente com a temperatura proporciona uma maior plasticização da madeira que oferecerá menor resistência a compactação, além de favorecer a transferência de calor desde a superfície até o miolo (MATOS, 1988). Teores de

umidade elevados tornam as partículas mais flexíveis, requerendo um menor tempo para atingir uma determinada espessura, no entanto, a umidade em excesso requer um tempo maior de prensagem, devido ao efeito retardante na cura da resina (MOSLEMI, 1974; KELLY, 1977; MATOS, 1988; ALBUQUERQUE, 2002). Além disso, partículas com teor de umidade excessivamente elevado, causam bolsas de vapor na camada interna do painel durante o processo de prensagem, podendo gerar estouros (KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; TSOUMIS, 1991). Ainda segundo Kollmann, Kenzi e Stamm (1975), um elevado teor de umidade tem efeito negativo sobre a resistência do painel, e devido à necessidade de um maior tempo de prensagem, esta variável reduz consideravelmente a capacidade produtiva da indústria.

Já partículas com teor de umidade muito reduzido, proporcionam uma baixa transferência de calor da superfície para o centro do painel (MOSLEMI, 1974), além de requer maior pressão para a consolidação do mesmo, bem como resultar em ligações de baixo desempenho entre partículas (KELLY, 1977). Kollmann, Kenzi e Stamm (1975) corroboraram que partículas demasiadamente secas podem causar outros problemas, como por exemplo, riscos de incêndio em secadores, descargas eletrostáticas em tubulações, aumento do pó na indústria e painéis com bordas deficientes.

Em relação ao gradiente vertical de densidade, a quantidade e a distribuição da umidade no material também afeta esta variável, que surge como resultado da desuniformidade de compactação no sentido vertical da espessura do painel (MATOS, 1988). Como resultado, as propriedades dos painéis são substancialmente influenciadas (MALONEY, 1993).

O teor de umidade das partículas utilizadas para a produção de painéis de partículas varia entre 3 e 6% (MOSLEMI, 1974; KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; IWAKIRI, 1989, TSOUMIS, 1991; VITAL; HASELEIN; DELLA LUCIA, 1992; MALONEY, 1993), no entanto, Moslemi (1974) relata que após a aplicação do

adesivo, normalmente em condição aquosa, o teor de umidade do colchão de partículas aumenta para um intervalo entre 8 e 14%.

Em vista das informações apresentadas, Moslemi (1974) afirmou que teores de umidade em painéis de partículas devem ser rigorosamente controlados, evitando problemas operacionais e produtos de baixa qualidade.

2.3.2.5 Composição dos painéis

A composição dos painéis de madeira aglomerada consiste na deposição das partículas encoladas com características pré-determinadas no processo industrial. Nesta etapa, muitos fatores devem ser considerados a fim de se obter um produto adequado as características requeridas (IWAKIRI, 2005).

Os painéis de partículas podem ser homogêneos ou de uma camada ou multicamadas, e as camadas podem conter partículas de diversas formas e dimensões (TORGOVNIKOV, 1993). No Brasil, o processo de produção de painéis de madeira aglomerada tem sido predominantemente realizado pelo processo de formação em três camadas, com partículas de geometria variada (BRITO *et al.*, 2005).

Segundo Bowyer, Shmulsky e Haygreen (2003) painéis multicamadas são tecnicamente superiores para muitas aplicações já que esta composição possibilita o aumento das propriedades de resistência. Estes autores ainda mencionam que partículas pequenas e finas são mais adequadas à camada externa ou superficial, proporcionando assim um bom acabamento, o qual é extremamente importante quando o painel é destinado à produção de móveis.

2.3.2.6 Resina

O efeito do tipo e da quantidade de resina sobre a composição dos painéis de madeira é bastante pronunciado. Desconsiderando o tipo do adesivo que apresenta características peculiares a cada utilização, com o aumento do teor de resina ocorre um incremento nas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional (LEHMANN, 1965; KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974; BRITO, 1984; MATOS, 1988; IWAKIRI, 1989; ALBERTO, 1992; MURAKAMI *et al.*, 1999; MENDES, 2001; ALBUQUERQUE, 2002; BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2003; SALDANHA, 2004; MENDES *et al.*, 2006; TEODORO, 2008; SANTOS *et al.*, 2009).

Este fato, segundo Iwakiri (1989) e Mendes (2001), é devido a uma maior disponibilidade de resina por área superficial de partículas, melhorando com isso as ligações interpartículas. Kelly (1977) e Moslemi (1974) complementaram que acima de um determinado nível, o aumento do teor de resina, não atua mais na melhoria da ligação entre as partículas, somente eleva o recobrimento da partícula com resina.

Por outro lado, Marra (1992) mencionou que a quantidade de adesivo deve estar condicionada ao custo, uso e resistência mínima exigida. Lehmann (1965) afirmou que a quantidade de resina utilizada apresenta um efeito considerável sobre o custo do produto final, e Silva *et al.*, (2006) complementaram que é um componente de elevado custo no processo produtivo, portanto, a quantidade a ser aplicada deve ser otimizada, em função das propriedades requeridas. Em concordância com Silva *et al.* (2006), Dinwoodie (1978) e Bowyer, Shmulsky e Haygreen (2003) relataram a expressiva participação da resina, perfazendo muitas vezes até 35% e segundo Iwakiri (2005) até 60% do custo total da produção dos painéis de madeira aglomerada.

Além disso, o método de aplicação e distribuição da resina é um importante fator que atua sobre a sua eficiência (LEHMANN, 1965). Tanto a adesão interna

quanto o módulo de ruptura de painéis reconstituídos dependem da distribuição da resina (SCHWARTZ; ANDERSON; KADGER, 1968).

De acordo com Marra (1992) entre os principais tipos de resina utilizados pelas indústrias de painéis de madeira reconstituída encontra-se a uréia-formaldeído (UF) e a fenol-formaldeído (FF). Kelly (1977) e Moslemi (1974) indicaram que a escolha do tipo de resina está condicionada as condições de uso do produto final.

Para painéis de madeira aglomerada a resina mais utilizada é a uréia-formaldeído (BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2003). A maior vantagem da resina UF é seu baixo custo, ser incolor e pela velocidade de polimerização (FORSS; FUHRMANN, 1979). Embora a UF apresente inúmeras vantagens, a desvantagem apresentada por esta resina, segundo Dinwoodie (1979), se refere ao fato da susceptibilidade a degradação por hidrólise na presença de umidade ou ácidos, especialmente em temperaturas acima de 40°C a 60°C.

Outra questão a ser discutida a respeito desta resina, refere-se ao de que, mesmo com a redução da emissão de formaldeído em cerca de 75 a 90% desde 1980 (MCCREDIE, 1992), painéis produzidos com uréia-formaldeído são considerados como um dos principais produtos emitentes (LEHMANN; ROFFAEL, 1992). Segundo estes autores, uma determinada quantidade é emitida durante a manufatura do painel, no entanto, o mesmo continua a emitir níveis de formaldeído durante o uso do produto.

2.3.2.7 Parafina

A parafina tem sido adicionada no processo produtivo de painéis de partículas com a finalidade de aumentar a resistência a umidade e reduzir o inchamento em espessura, e conseqüentemente proporcionar maior estabilidade dimensional

(HEEBINK, 1967; CRAIGHEAD, 1991). Isso ocorre devido ao fato de que a parafina atua como agente inibidor da liberação de tensões residuais geradas durante o processo de prensagem (MATOS, 1988).

A parafina pode ser aplicada antes ou depois da resina, ou ainda juntamente com a própria resina (HEEBINK, 1967). Segundo este mesmo autor, uma quantidade limitada de trabalhos publicados revela resultados inconclusivos, mas deixa o pensamento de que não existe uma diferença fundamental em quando o produto é aplicado.

Conforme diversos estudos, é adicionado ao painel 1% de emulsão de parafina, com base no peso seco (MATOS, 1988; BATISTA *et al.*, 2007; GOUVEIA; VITAL; SANTANA, 2003). Argumentações de Craighead (1991) revelaram em seu trabalho que extensiva revisão mostrou que pouca vantagem é obtida pela adição de mais de 0,75%, de parafina baseada no peso seco das partículas, e que a adição de emulsão de parafina na resina provavelmente proporciona os melhores resultados devido à melhor distribuição.

Muito se relata sobre o fato de a inclusão da emulsão de parafina pode reduzir as propriedades de resistência, no entanto, Heebink (1967) discutiu que muitos pesquisadores têm estudado esta relação e que há um consenso de que quantidades de parafina igual ou inferior a 1% tem pouco ou nenhum efeito sobre as propriedades mecânicas do painel. Em afirmação a isso, Kelly (1977) descreveu que aplicações de parafina acima de 1% são as causadoras de reduções nas propriedades de resistência, pela influência sobre a polimerização do adesivo.

Em encontro a estas discussões é possível mencionar que Matos (1988), em avaliação do ciclo de prensagem em painéis *wafersboard*, obteve aumento no módulo de ruptura com a adição de 1% de parafina. Segundo este mesmo autor, este resultado pode ser justificado pelo acréscimo de umidade às partículas, que teriam proporcionado menor resistência a compactação e maior polimerização da resina pelo menos nas camadas superficiais. Ainda em relação aos resultados deste autor,

mas agora para propriedades dimensionais, foi obtido para todas as condições analisadas, redução na higroscopicidade dos painéis.

2.3.2.8 Parâmetros de prensagem

De acordo com Matos e Keinert Jr. (1988), muitas variáveis estão envolvidas no processo de produção de painéis de partículas, especialmente no momento da prensagem. O processo de prensagem é considerado a etapa mais crítica para a determinação do desempenho global do painel (CAI *et al.*, 2009). É ainda, segundo Matos (1988), uma das mais importantes, pois regula o fluxo de produção e o consumo de energia.

Numa indústria de painéis, o termo ciclo de prensagem define o conjunto de condições sobre as quais as partículas são consolidadas em um painel (MATOS, 1988) e seus efeitos sobre as propriedades físicas e mecânicas são relevantes, pois atua diretamente e pode ser manipulado para obter os requisitos desejados ao produto final (MATOS; KEINERT JR, 1988; RANITA, *et al.*, 2005).

Durante a prensagem diversos fatores interagem, onde os principais são, o tempo, a temperatura, pressão, velocidade de fechamento da prensa, teor de umidade do colchão (KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974; KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; MATOS, 1988; IWAKIRI, 1989; HAWKE; SUN; GALE, 1992; MALONEY, 1993; LEE; MALONEY 1995; PARK *et al.*, 1999; WANG; WINISTORFER, 2002). Estes fatores têm sido extensivamente estudados por estes e por outros pesquisadores a fim de melhorar processos e produtos.

Outra característica que interfere no ciclo de prensagem, e tem sido incorporada nos processos industriais, refere-se à introdução de prensa contínua. Segundo Moller e Gunzerodt (1994), a prensagem contínua de painéis

reconstituídos, tem nos últimos anos, substituído o ciclo de prensagem convencional por diversas razões, entre elas, a qualidade dos painéis aliado ao baixo custo de produção.

2.3.2.8.1 Temperatura

A principal função da temperatura durante o processo de prensagem é acelerar a polimerização do adesivo distribuído entre as partículas (MATOS, 1988). Nesta etapa ocorre a densificação do material por um processo mecânico de deformação por flexão e compressão até a espessura final, um aquecimento do material e conseqüentemente um processo químico que conduz a cura da resina, por policondensação (MALONEY, 1993). Molina, Moena e Neumann (1998) definiram que neste processo químico a temperatura provoca a diminuição da tensão superficial do adesivo, promove a evaporação e acelera as reações físico-químicas, facilitando a colagem da madeira.

A temperatura de prensagem é definida em função do tipo de resina utilizada (KELLY, 1977; MARRA, 1992; IWAKIRI, 2005). A taxa de transferência de calor ocorre das camadas superficiais para o centro do painel, onde nos primeiros instantes de prensagem, ocorre a formação de vapor nas faces do colchão, plasticizando a madeira e facilitando sua compressão. Enquanto isso, o centro do painel encontra-se frio, resistindo à compressão. Quando o centro atinge a temperatura que permitiria uma maior compactação, o painel já atingiu a espessura desejada, não sendo mais compactado (ELEOTÉRIO, 2000). Isso resulta em maior densificação nas camadas superficiais do que no centro, e define o perfil de densidade (MATOS, 1988).

Normalmente, quanto maior a temperatura, menor é o tempo de prensagem e em consequência disso, maior é a produtividade de uma unidade fabril (IWAKIRI, 2005). Normalmente com o aumento da temperatura, as propriedades mecânicas tendem a aumentar. Entretanto, Wilcox (1953), utilizando uma temperatura de prensagem de 240°C, notou considerável declínio do módulo de ruptura (MOR) dos painéis, consequência da degradação da estrutura cristalina da cadeia celulósica. Suleiman *et al.* (1999), complementaram ainda que além da mudança do comportamento físico, temperaturas demasiadamente elevadas afetam a capacidade de condução de calor.

2.3.2.8.2 Tempo

O tempo de prensagem é o tempo decorrido entre o momento da consolidação do colchão de partículas em sua espessura final, até o momento de abertura dos pratos da prensa (MATOS, 1988; IWAKIRI, 1989).

De acordo com Marra (1992), o tempo de prensagem deve ser suficiente para que o interior do painel alcance a temperatura necessária para a polimerização da resina. Além disso, este mesmo autor relatou que o tempo de prensagem exerce influências significativas sobre as propriedades dos painéis, controle de espessura, qualidade de superfície e pré-cura.

O tempo de prensagem, segundo Iwakiri (2005), depende principalmente da eficiência da transferência de calor, da espessura do painel, da temperatura, da distribuição da umidade no colchão, e genericamente pode ser definido em torno de 6 a 12 segundos por mm de espessura.

Matos (1988) afirmou que a redução no tempo de consolidação dos painéis são economicamente desejáveis, pois implicam em maior produtividade, bem como

redução no consumo de energia, no entanto, o decréscimo do tempo de prensagem resulta também no decréscimo das propriedades de resistência.

2.3.2.8.3 Pressão específica

A aplicação de uma pressão mínima é necessária para a densificação do colchão até a espessura final do painel e também para assegurar um contato superficial adequada entre as partículas de madeira (KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974). Kelly (1977) complementou ainda que a influência que a pressão desempenha sobre as propriedades dos painéis diz respeito ao gradiente vertical de densidade.

Matos (1988) e Eleotério (2000), descreveram que o aumento da umidade do colchão proporciona redução da pressão específica necessária, uma vez que a umidade se vaporiza durante a prensagem a quente, tornando plásticas as fibras. Por outro lado, o alto teor de umidade, aumenta do tempo de prensagem, tempo esse necessário para a retirada da umidade existente no painel.

Em relação à temperatura, o uso de valores elevados deste parâmetro, proporciona uma polimerização mais rápida e como conseqüência uma maior resistência do colchão, requerendo maior pressão para atingir a espessura final (MALONEY, 1993).

2.4 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS

2.4.1 *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn – Mundani

O *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn pertence à Família *Caesalpiniaceae* é uma espécie nativa das regiões tropicais de alta pluviosidade da Ásia, sendo conhecida nestas regiões como Mundani (WHITMORE E OTAROLA, 1976). Encontra-se distribuído em florestas mistas perenifólias da Índia, Bangladesh, Indonésia, Nepal, e Mianmar (antiga Birmânia), (WHITMORE; OTAROLA, 1976; GHILDYAL, 1989; HIGA; PRADO, 1998; PRADO *et al.*, 2003).

Ocorre em altitudes de 0 a 2.000 m e pode ser cultivado em climas com precipitação que varia de 500 a 3.000 mm e temperaturas médias de 14 a 26°C. (Martínez *et al.*, 2006). Embora a espécie se desenvolva em solos rasos, compactados e degradados, Ghildyal (1989) afirmou que seu melhor desenvolvimento e produtividade ocorre em solos frescos, e Martínez *et al.*, (2006) mencionaram que solos adequados são solos profundos, bem drenados e com pH variando entre 4 e 8.

Segundo Raí (1976), o *Acrocarpus* apresenta uma elevada taxa de crescimento, sendo muito promissora para reflorestamentos. Maghembe e Prins (1994) complementam o desenvolvimento desta espécie, relatando que é uma candidata a produção de madeira de curta rotação. Martínez e García (2004), associando as vantagens citadas acima, concluíram que o *Acrocarpus* possui os requisitos fundamentais para o desenvolvimento de projetos financeiramente viáveis.

É uma árvore de grande porte, com 30-40 m de altura (WHITMORE; OTAROLA, 1976), podendo atingir até 60m e DAP de 2,4 m, entretanto, diâmetros de 0,90 m são os mais comuns e freqüentes (ROCAS, s/d). Martínez *et al.* (2006), mencionaram o rápido crescimento da espécie, onde esta pode atingir até 8,5 m de

altura nos primeiros 12 meses, dependendo do sítio e 12,75 m aos 2 anos, bem como um DAP de 11,5 cm para a última idade citada. Outras informações sobre o desempenho vegetativo desta espécie em diferentes locais podem ser observadas e comparadas na Tabela 2.

TABELA 2 – COMPORTAMENTO DO *Acrocarpus fraxinifolius* EM DIFERENTES IDADES E LOCAIS

Local	Idade (anos)	Incrementos Médios Anuais	
		Altura (m)	Diâmetro (cm)
Austrália ¹	14	1,30	-
China ¹	11 - 34	1,14	2,30
Costa Rica ¹	7 - 14	1,97	2,24
Etiópia ¹	4	3,50	2,88
Índia ¹	5	2,00	-
Madagascar ¹	1,1	1,82	2,27
Malásia ¹	21	1,13	1,23
Malawi ²	2	2,98	2,94
Nigéria ¹	4	2,11	2,38
Ruanda ¹	1 - 24,4	1,71	0,70
Tanzânia ¹	5,7 - 13,4	1,81	1,41
Turrialba ³	7	2,33	1,52
Turrialba ³	7	2,60	2,79
Zâmbia ¹	0,8 - 23,22	2,22	2,12
Zimbabwe ¹	2	0,55	-
Brasil			
Anhembi – SP ¹	3,3	2,72	3,41
Avaí – SP ¹	5,9	2,19	3,85
Avaré – SP ¹	3,5	1,47	1,49
Corupá – SC ¹	1,5	5,10	7,60
Foz do Iguaçu – PR ¹	4	2,57	2,92
Jaú – SP ¹	4	2,83	4,67
Linhares – ES ¹	3,4	2,72	3,78
Londrina – PR ¹	5,2 - 7,5	2,98	4,26
Ouro Fino – MG ¹	3,4	2,11	3,64
Santa Helena – PR ¹	4,2	2,83	4,67

NOTAS: ¹ HIGA; PRADO, (1998); ² MAGHEMBE; PRINS, (1994); ³ WHITMORE; OTAROLA, (1976).

A Tabela 2 apresenta a grande variação de incremento médio anual, abrangendo valores de 0,55 a 5,10 m em altura e 0,70 a 7,60 cm em DAP. Esta ampla variação é justificada, entre outros fatores, pelas diferentes idades dos plantios, espaçamentos, tipos de solo e densidades populacionais. No entanto, é possível verificar que o *Acrocarpus* tem apresentado taxa de crescimento superior no Brasil, quando se compara com seu desempenho em outras partes do mundo.

Em termos de produtividade, o *Acrocarpus* apresenta um incremento médio anual de 9 a 48 m³/ha/ano (WHITMORE e OTAROLA, 1976), e no Brasil, o incremento médio varia de 14 a 45 m³/ha/ano, onde as regiões mais recomendadas para o seu plantio são o Norte do Paraná, Sudeste e Centro-oeste (CARVALHO, 1998). Lingnau *et al.*, (2007) mencionaram ainda que a espécie possui um potencial econômico para estabelecimento de plantações produtivas ou recomposição da reserva legal em pequenas propriedades rurais do Paraná. Na América do Norte e no México, ela têm se tornado atraente para pequenos proprietários e produtores de madeira, os quais vêm aumentando as plantações (FERNANDEZ *et al.*, 2002).

Em relação ao percentual de casca produzido pela espécie, Prado *et al.*, (2003) determinaram que para povoamentos com 8 anos de idade, esta variável é em média de 7,1 %, com variações de 5,9 a 10,2% dependendo da procedência.

Quanto à resistência da espécie, é considerada resistente a pragas e enfermidades (MARTINEZ; GARCÍA, 2004), no entanto, é bastante sensível a geadas (WHITMORE; OTAROLA, 1976) e não resiste a estações secas prolongadas (HIGA; PRADO, 1998).

A regeneração concentra-se preferencialmente em pequenas áreas de queimadas. A fim de assegurar a regeneração natural desta espécie em quantidades suficientes, torna-se necessário a limpeza do solo florestal e após assentada a regeneração, procede-se a abertura progressiva do dossel. As mudas requerem freqüentes tratamentos silviculturais até o fechamento do povoamento. Dispõe de elevada capacidade de brotação, sendo aplicada com sucesso a plantação de mudas silvestres obtidas de árvores matrizes seletas (LAMPRECHT, 1990).

Apesar da potencialidade apresentada pelo *Acrocarpus*, é extremamente difícil obter sementes melhoradas. Assim, a base genética desta espécie se apresenta restrita, e os lotes de sementes utilizados nos plantios experimentais do Brasil foram coletados de poucas árvores ou mesmo de árvores isoladas (HIGA; PRADO, 1998). Os primeiros pomares de sementes estabelecidos em um programa de melhoramento são provenientes de árvores que foram propagadas vegetativamente através de enxertia.

Em relação às características anatômicas, a madeira de *Acrocarpus* é bastante atraente, onde o cerne apresenta tom rosado e o alburno é esbranquiçado. Em virtude desta característica é também conhecido como cedro rosado. Em relação as dimensões dos caracteres anatômicos análises mostraram que o comprimento médio das fibras é de 1,35 mm e a largura 31 μm (WHITMORE; OTAROLA, 1976) e 1,20 mm e 25 μm (PRADO *et al.*, 2003), sendo classificada como fibra curta. Desta forma, recomenda-se realizar mistura com fibras longas, caso o objetivo seja produzir papel com maior resistência.

Tecnologicamente, o *Acrocarpus* é uma espécie considerada de alto valor comercial. Sua madeira é moderadamente dura (GHILDYAL, 1989), e forte (ROCAS, s/d). A massa específica apresenta variações de acordo com a idade, local e procedência, podendo-se citar os seguintes valores encontrados na literatura: 0,44 g/cm^3 – $\text{ME}_{\text{básica}}$ (PRADO *et al.*, 2003), 0,50 g/cm^3 – $\text{ME}_{\text{básica}}$ (HONORATO *et al.*, 2005), 0,50 g/cm^3 – $\text{ME}_{\text{básica}}$ (LTM, 2009), 0,58-0,68 g/cm^3 – $\text{ME}_{\text{ap12\%}}$ (WHITMORE; OTAROLA, 1976) e 0,63 g/cm^3 – $\text{ME}_{\text{ap15\%}}$ (CARVALHO, 1998).

Ainda em termos físicos, apresenta contração volumétrica de 9,0 % (PRADO *et al.*, 2003), 10,37% (HONORATO *et al.*, 2005) e 10,46% (LTM, 2009), e anisotropia de contração de 1,8, 2,52 e 2,42 respectivamente, sendo classificado como alto.

Em relação às propriedades mecânicas, os valores indicam boa resistência. Segundo a caracterização tecnológica efetuada pelo LTM (2009), a resistência média a Flexão estática é de 77 MPa para o Módulo de Ruptura e 9.374 MPa para o Módulo de Elasticidade, e em relação ao ensaio de Compressão paralela os valores

obtidos são de 40 MPa e 13.238 MPa respectivamente. A resistência média ao cisalhamento é de 9 MPa e a dureza 3.732 N.

Em relação à composição química, apresenta valores médios de 10,6 %, 20,1% e 69,3%, para extrativos, lignina e holocelulose respectivamente. Quanto ao potencial energético, o poder calorífico superior encontrado é de 4.683 kcal/kg (PRADO *et al.*, 2003), e 4.320 kcal/kg (ANDRADE, 2009). Esta última autora ainda determinou valores de 82,43 % para o teor de materiais voláteis, 17,02 para carbono fixo e 0,55 % para cinzas.

O *Acrocarpus* é pouco durável, susceptível ao ataque de fungos e insetos, entretanto, e em compensação, é facilmente impregnável com produtos preservantes (LAMPRECHT, 1990). É uma madeira de fácil processamento e colagem, obtendo-se superfícies com bom acabamento superficial (HONORATO *et al.*, 2005).

Entre as diversas aplicações, a madeira de *Acrocarpus* pode ser utilizada em embalagens, móveis, pisos, carpintaria, painéis particulados, postes, dormentes, cabos de ferramentas e celulose e papel (HONORATO *et al.*, 2005). Shukla, Sharma e Anil (1993) relataram que a madeira de *Acrocarpus* é adequada também para laminação, obtendo-se lâminas de boa qualidade. Segundo os últimos autores, esta espécie também se apresenta apropriada à tratamentos preservantes, e painéis compensados para utilização na construção civil e usos marítimos.

Na Índia, devido às suas propriedades, é utilizada na construção de casas (WHITMORE; OTAROLA, 1976). Outras aplicações também são oferecidas a espécie, como, ornamentação (ROCAS, s/d), sombreamento nas plantações de café já que atua contra as variações do clima, conservação da umidade do ar e conservação do solo (URIAS *et al.*, 2008), e sombreamento de cardamomo, uma especiaria aromática originária de Malabar, no Sudoeste da Índia (MONTOYA; MEDRADO, s/d).

Além da madeira produzida, o *Acrocarpus* produz também uma resina semelhante ao látex, que é obtida após incisão (LAMPRECHT, 1990).

A Figura 3 apresenta algumas características da espécie.

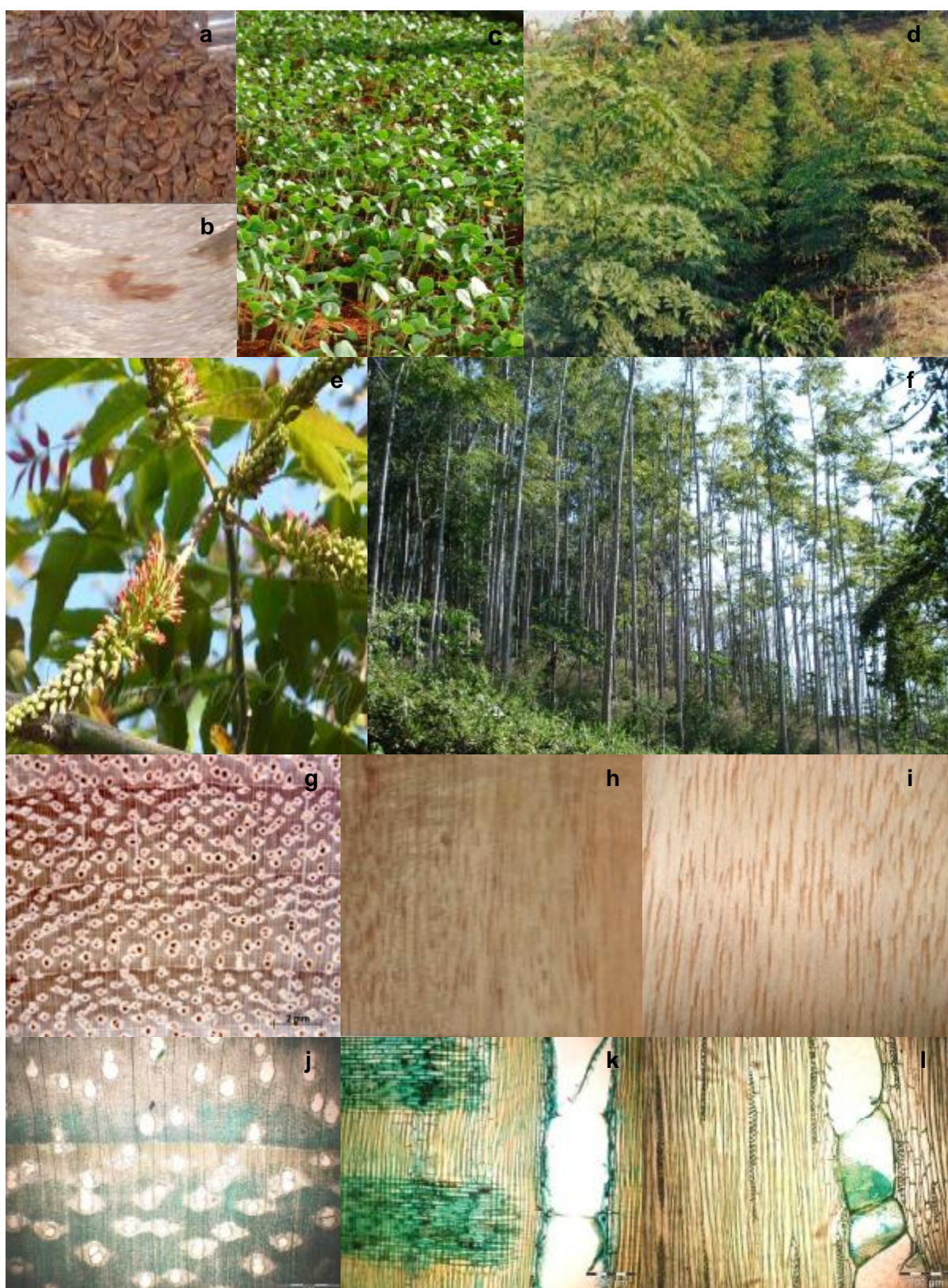


FIGURA 3 – CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Acrocarpus fraxinifolius*

a) Sementes (SARAL SBAZAAR, 2010); b) Casca; c) Mudanças (AGROTERRA, 2010); d) Plantios em início de crescimento (AGROTERRA, 2010); e) Floração (DINESHWALKE, 2010); f) Plantios experimentais (MATOS, 2008); g) Corte transversal (Foto macro); h) Corte radial (Foto macro); i) Corte tangencial (Foto macro); j) Fotomicrografia corte transversal; k) Fotomicrografia corte radial; l) Fotomicrografia corte tangencial.

NOTA: Fotos b, g, h, i, i, k, l - A autora (2010)

2.4.2 *Melia azedarach* L. - Cinamomo

A *Melia azedarach* L. é uma espécie de médio porte e pertence à Família *Meliaceae*, sendo conhecida popularmente como Cinamomo. É nativa da Ásia (CABEL, 2006), e encontra-se distribuída na Índia, Paquistão, Sri Lanka, Tailândia, Laos, Vietnã, Camboja, Brasil, sendo extensamente cultivada na Ásia e na parte Sul da América Latina (BOBADILLA, 2004).

Desenvolve-se em regiões com altitude de até 2.000 m, temperatura média anual de 18°C e precipitação anual que varia de 600 a 2.000 mm (VIVAN, 2005). Na Índia, em sua área de distribuição natural, o Cinamomo suporta precipitações que variam entre 450 mm e 1250 mm, e temperaturas máximas que podem chegar a 49°C.

É pouco exigente quanto ao tipo de solo, desde que não sejam muito encharcados, porém apresenta produtividade superior em solos férteis e profundos (HOPPE; SCHNEIDER; DALLAGO, 1991).

De acordo com Lorenzi (2003), esta árvore caducifólia, atinge altura de 15 a 20 m, no entanto Santos (1987) e Hoppe, Schneider e Dallago (1991), relatam que embora esta árvore possa crescer até 20 m, é muito mais comum encontrar indivíduos com 12 m em média. Por outro lado, Cabel (2006), em referência a esta característica dendrométrica menciona que em idade adulta esta espécie pode atingir até 40 m de altura. Neste caso, muito provavelmente, a dominância apical citada pelos autores acima, pode estar correlacionada com as variedades, tendo em vista dentro da mesma espécie, existem três: a comum, a sombrinha e a gigante, não sendo definidas claramente, e capazes de cruzar entre si.

O Cinamomo possui tronco pardo-acinzentado ou marrom-avermelhado, fissurado longitudinal e obliquamente e o diâmetro na altura do peito varia de 40 a 60 cm (CABEL, 2006). Apresenta alta produção de folhas, sendo que Batcher (2009)

relatou que as mesmas podem atuar na correção do solo elevando o nitrogênio mineralizável, e proporcionar o aumento do pH de solos ácidos.

A reprodução desta espécie ocorre habitualmente por sementes, no entanto, esta metodologia conduz a uma grande variabilidade nas plantações. Desta forma, inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas para obtenção de indivíduos clonados, com características importantes para a produtividade, eliminando os inconvenientes associados à heterogeneidade de material (TABOADA; GULOTTA; LÓPEZ, 1995).

É uma espécie que apresentou boa adaptação em toda a América, desde o Sudeste dos Estados Unidos através do México, América Central e América do Sul (VENSON, 2003).

No Brasil, esta espécie é bastante cultivada, sendo sub-espontânea na Região Sul e Sudeste (LORENZI, 2003). Vivian, Farias e Hoppe (2005), relataram que especificamente na Região Sul, o Cinamomo apresentou alto grau de adaptação edafo-climática, além de ótima qualidade da madeira, justificando desta forma, a realização de investimentos com objetivo de produzir matéria prima tanto para a indústria moveleira, como para o consumo doméstico de pequenas famílias do meio rural, além de pequenos marceneiros. Segundo estes mesmos autores, devido ao fato de ser uma espécie exótica, apresenta a vantagem de ser liberada para o corte, e conseqüentemente em virtude destas características, torna-se uma espécie indicada para uso em plantios florestais. Outro fator mencionado por Martinez (2002), e que possivelmente justifica o alto grau de adaptação na Região Sul, refere-se ao fato de que o Cinamomo é uma espécie bastante adaptada às climas mais frios, viabilizando o aproveitamento da matéria-prima em regiões com este clima.

No Paraguai, tem se comportado muito bem em sistemas agroflorestais, principalmente em associação com erva mate e banana (EMBRAPA, 1986).

Na Argentina, esta espécie é conhecida como Paraíso ou Paraíso gigante, e é tida como uma variedade não definida botanicamente. É cultivada amplamente e apresenta considerável importância devido a sua diversidade de usos, como por exemplo, em arborização urbana, florestas de proteção e florestas comerciais. As plantações comerciais foram introduzidas inicialmente com a finalidade de produzir lenha e posteriormente devido a sua madeira ser muito apreciada, passou a ser utilizada nas indústrias de madeira serrada, laminados e faqueados (PECE, 1996).

Segundo Costas *et al.*, (2005), no Noroeste argentino, o seu cultivo é um dos de maior rentabilidade entre as espécies florestais cultivadas. Pérez *et al.*, (2003) afirmaram a importância desta espécie nesta região relatando que as plantações tem registrado um crescimento extraordinário de 2 a 3 m/ano em altura e incremento em diâmetro de 3 a 5 cm/ano. Na província de Santiago del Estero, Taboada, Gulotta e López (1995) mencionaram a importância do paraíso-gigante pelo seu rápido crescimento, pelas características tecnológicas de sua madeira e conseqüentemente pelo seu preço e demanda de mercado. Na província de Misiones devido a sua elevada semelhança com os cedros nativos (*Cedrela*) tornou-se muito procurada para a substituição parcial destes, especialmente como matéria prima para indústria de laminação (BOBADILLA, 2004).

Como exemplo do rápido crescimento e bom desenvolvimento da espécie, Pece *et al.*, (1996), avaliando o crescimento de uma população de paraíso gigante na província de Santiago del Estero determinaram as características dendrométricas para um experimento com 8 anos. Os resultados obtidos por estes autores, bem com outros valores citados em seu trabalho, são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - VALORES DENDROMÉTRICOS MÉDIOS DE UMA PLANTAÇÃO DE PARAÍSO GIGANTE NAS PROVÍNCIAS DE SANTIAGO DEL ESTERO E MISIONES – ARGENTINA

Local	Idade (anos)	Nº de árvores/ha	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m ³ /ha)
Santiago del Estero ²	2,6	452	6,39	-	5,06
Misiones ³	4	315	17,88	-	39,6
Santiago del Estero ¹	8	459	17,33	9,22	43,95
Misiones ¹	12	140	45	-	106,08

NOTAS: ² LOPEZ; DIAS (1988) citados por PECE (1996); ³ REY (1976) citado por PECE (1996);
¹ PECE (1976) – valores médios de 2 sítios.

Em algumas situações, embora a espécie seja considerada bastante promissora e produza madeira para serraria numa rotação de 12-14 anos, estudos relatam que a partir de uma determinada idade esta espécie atinge maturidade, fazendo com que as árvores acabem morrendo.

Benitez *et al.*, (2002) estudando a dinâmica do crescimento de uma plantação de paraíso gigante de 7 e 9 anos na província de Santiago Del Estero, obtiveram as características dendrométricas da população e a evolução do volume com a idade. Tais autores verificaram que no referido experimento as árvores, devido ao período de estiagem e as enfermidades, começaram a morrer em quantidade, de modo que nos últimos anos de coleta de dados, a tendência da área basal e do volume foram decrescendo, e no melhor dos casos se manteve constante. Muitas árvores também diminuíram em altura, tendo em vista a secagem da copa. No entanto, com os dados coletados inicialmente de qualidade do sítio e área basal e com o uso do Modelo de Sullivan e Clutter, foi possível efetuar estimativas do volume aos 20 e 30 anos de idade. Os volumes para 20 anos variaram de 43,4 a 97,0 m³/ha, com incremento

² LOPEZ, J. A.; DÍAS, C. Primera evaluación cuantitativa em los primeros años de implantación de paio gigante (*Melia azedarach*) em el Departamento Alberdi provincia de Santiago Del Estero. **Actas del VI Congreso Forestal Argentino**, Tomo II, p. 466-471.

³ REY, L. A. Análisis e cuantificación de algunas variables referidas a reforestaciones comerciales de paraíso. **Boletín de la Asociación de Plantadores Forestales de Misiones**, n.9, p. 17-21.

médio de 2,2 a 4,8 m³/ha/ano, dependendo da intensidade de desbaste (4), do sítio de crescimento e da área basal. Já para 30 anos os valores apresentaram uma variação de 50,4 a 110,7 m³/ha, com incremento médio de 1,7 a 3,7 m³/ha/ano. Tais resultados permitem concluir que a potencialidade de crescimento diminuiu com o tempo, sendo explicado muito provavelmente pela alta densidade populacional, podendo o crescimento ser revitalizado por um desbaste.

Quanto às características da madeira, o Cinamomo apresenta semelhança com a madeira de cedro. Martinez (2002) relatou que esta, bem como outras espécies da Família Meliaceae, são conhecidas como produtoras de madeira de excelente qualidade, e se destacam também por possuir uma composição química similar entre elas.

Sob o ponto de vista anatômico, os elementos mais característicos são fibras curtas com terminações agudas, fibras libriformes, traqueóides vasicêntricos e porosidade circular (SANJUÁN *et al.*, 1994). As fibras possuem comprimento médio de 0,84 mm, diâmetro de 14,87 µm e espessura de parede celular de 2,87 µm. A porosidade é medianamente abundante com 7,54 poros/mm², e os raios são multisseriados, também medianamente abundantes, com 4,9 raios /mm² (VENSON, 2003). Os anéis de crescimento são distintos, largos, podendo atingir até 2 cm em indivíduos provenientes de florestas plantadas (BOBADILLA, 2004).

Fisicamente, a madeira do Cinamomo apresenta uma massa específica média de 0,43 g/cm³ (PÊGAS, 2007), 0,40 a 0,50 g/cm³ (PÉREZ *et al.* 2003), 0,47 g/cm³ - ME_{básica} (LTM, 2009), 0,49 g/cm³ - ME_{básica} (USDA, 1994), 0,47 g/cm³ - ME_{básica} e 0,50 g/cm³ - ME_{ap12%} (CHEN, 1962), 0,50 g/cm³ - ME_{básica} e 0,60 g/cm³ - ME_{AP 12%} (PEREYRA *et al.*, 2006); 0,52 g/cm³ - ME_{básica} (CARPANEZZI *et al.*, 1988), 0,52 g/cm³ (BOBADILLA, 2004) e 0,55 g/cm³ - ME_{básica} (VENSON, 2003). As diferenças encontradas entre os valores apresentados pelos autores citados podem ser justificadas em virtude de diferentes idades, variedades, sítios, condições de crescimento e métodos de ensaio.

Em relação às propriedades dimensionais, o Cinamomo apresenta contração volumétrica de 11,87% (LTM, 2009), 11,95 % (VENSON, 2003), 12,10% (CHEN, 1962) e 12,72% (PEREYRA *et al.*, 2006), com respectivos valores de anisotropia de contração e 1,88, 1,34, 1,93 e 1,25. É considerada moderadamente estável.

As propriedades mecânicas apresentam valores no ensaio de Flexão Estática de 112 MPa e 10.262 MPa (VENSON, 2003), 83,61 MPa e 7.110 MPa (PEREYRA, *et al.*, 2006) e 76 MPa, e 8.580 MPa (LTM, 2009) para os Módulos de Ruptura e Elasticidade respectivamente. A resistência a Compressão paralela é de 51 MPa para o MOR e 9.844 MPa para o MOE (VENSON, 2003) e 35 MPa e 11.078 MPa (LTM, 2009), respectivamente. A Tensão de cisalhamento é de 15 MPa (VENSON, 2003) e 11 MPa (LTM, 2009) e a Dureza é de 4.100 N (LTM, 2009).

Em relação à constituição química, a madeira de Cinamomo apresenta 46% de celulose e 22, 4% de lignina (SANJUAN *et al.*, 1994). Estes mesmos autores em micro análise de íons determinaram que a espécie apresenta cerca de 81,6% de oxigênio, 4,8% de alumínio, 2,8% de silício, 0,07% de enxofre, 3,3% de potássio e 7,3% de cálcio.

Sob o ponto de vista energético apresenta poder calorífico de 5.100 kcal/kg (CATIE, 1986) e 4.265 kcal/kg (ANDRADE, 2009). Apresenta ainda teor de materiais voláteis de 82,17%, teor de carbono fixo de 17,34% e teor de cinzas de 0,49%, segundo a última autora mencionada.

Sua durabilidade quando em contato com o solo é baixa, porém quando submetida a condições normais de umidade não é atacada por agentes xilófagos. Apresentada fácil trabalhabilidade, principalmente em processos de laminação e corte planos, admitindo boa qualidade de colagem, bom acabamento e boa aplicação de vernizes (BOBADILLA, 2004).

Entre as inúmeras aplicações do Cinamomo, pode-se mencionar o uso na fabricação de móveis e esquadrias, trabalhos de marcenaria, madeira serrada,

laminados, faqueados, arborização urbana, paisagismo de ruas, praças e avenidas, conservação da fauna, cultivo de pastagens no povoamento e manutenção da qualidade do solo devido à quantidade de folhas. CATIE (1986) mencionou ainda sua utilização para produção de polpa e papel para impressão.

De acordo com VENSON (2003), devido esta espécie apresentar propriedades mecânicas de média resistência, o Cinamomo não é recomendado para uso estrutural pesado ou peças de grandes dimensões, sendo neste caso, recomendado utilizar esta madeira em produtos reconstituídos.

Sanjuan *et al.*, (1994) recomendaram sua utilização em pequenas peças ou artesanato, e mencionam que é matéria prima promissora para produção de celulose. Santos (1987) ressaltou ainda seu uso em instrumentos musicais.

Outras utilizações da espécie referem-se ao uso das folhas e frutos, os quais são utilizados como farmacógenos, tendo sido comprovada a existência de princípio ativo com atividade sobre diversos organismos (SALLES; RECH, 1999; DANTAS *et al.*, 2000; MACIEL, 2004; VIVAN, 2005; SOUSA *et al.*, 2008; ARAUJO *et al.*, 2009). No entanto, as propriedades toxicológicas desta planta merecem atenção e segundo Martinez (2002), embora as pesquisas com *Meliaceas* tenham apresentado resultados bastante promissores, as mesmas devem ser incentivadas, buscando reduzir os problemas de toxicidade.

A Figura 4 apresenta algumas das características da *Melia azedarach*.

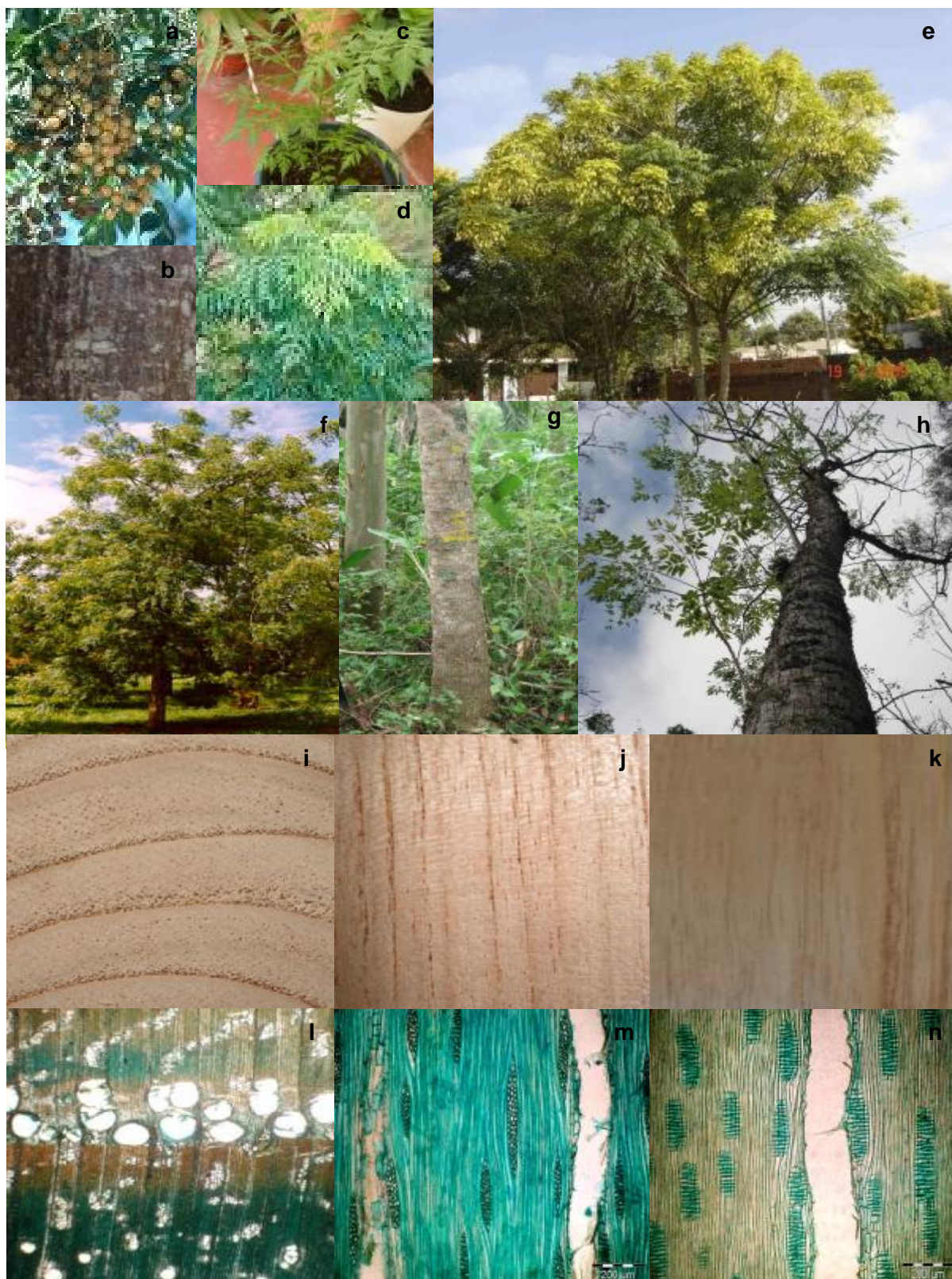


FIGURA 4 – CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Melia azedarach*

a) Sementes (INFOJARDIM, 2010); b) Casca; c) Mudas (FORO, 2010); d) Plantios em início de crescimento (FLORICULTURA SJT, 2010); e) Árvore adulta (UFRGS, 2010); f) Árvore adulta (IAPAR, 2010); g) Caule (MATOS, 2008); h) Tronco; i) Corte transversal (Foto macro); j) Corte radial (Foto macro); k) Corte tangencial (Foto macro); l) Fotomicrografia corte transversal; m) Fotomicrografia corte radial; n) Fotomicrografia corte tangencial.

NOTA: Fotos b, h, i, j, k, l, m, n – A autora (2010)

2.4.3 *Grevillea robusta* Cunn - Grevílea

A *Grevillea robusta* Cunn pertence à Família *Proteaceae* e é encontrada em regiões tropicais e subtropicais do Hemisfério Sul. É nativa da Austrália, ocorrendo em áreas subtropicais dos Estados de New South Wales e Queensland (BAGGIO, 1983; CATIE, 1986; HARDWOOD; GETAHUN, 1990; PRAUSE, 1993; SUN; DICKINSON; BRAGG, 1995; MARTINS, 1998; SEBBENN *et al.*, 1999; LORENZI *et al.*, 2000; MARTINS; RIBASKI; NEVES, 2002; MARTINS; NEVES, 2004; MARTINS *et al.*, 2005, INOUE; MARTINS, 2006). Nesse país, as latitudes correspondentes são 26° S a 30° S. (MARTINS; STURION; NEVES, 2004).

De maneira geral, ocorre em altitudes variando desde o nível do mar até 1.100 m. A espécie desenvolve-se em ambientes variados, cuja precipitação anual varia de 720 a 1.710 mm e temperatura média anual entre 14°C e 20°C (SUN; DICKINSON; BRAGG, 1995; MARTINS; NEVES, 2004). Seu melhor desempenho é obtido em regiões com temperatura média anual entre 15°C e 18°C e precipitação média anual de 1.000 a 2.000 mm sem secas prolongadas (HARDWOOD; GETAHUN, 1990). Em seu habitat natural pode tolerar até -1°C sem prejuízos ou danos aparente para seu desenvolvimento, e como exótica, chega a suportar temperaturas inferiores à - 5 °C, porém com redução do seu crescimento (MARTINS, 2000).

Martins, Sturion e Neves (2004) mencionaram que a Grevílea é encontrada em dois tipos de habitat, sendo o primeiro ao longo de rios, em distâncias não superiores a 30 metros da margem, e o segundo em florestas mistas de *Araucária cunninghamii*, com densidade bem menor que ao longo dos rios e córregos. Lamprecht (1990) relata também que apresenta ocorrência juntamente com espécies de *Eucalyptus*.

É considerada uma espécie de rápido crescimento (HARDWOOD; GATAHUN, 1990;) perenifólia, que atinge 30-35 m de altura e 50-60 cm de diâmetro, com tronco geralmente retilíneo e cilíndrico, com tendência a bifurcação, casca cinzenta escura, bastante sulcada e gretada (LAMPRECHT, 1990; LORENZI, 2003), e folhas grandes (LORENZI *et al.*, 2000). Martins (2000) relatou que ocasionalmente aparecem árvores com até 40 m de altura e DAP de 100 cm.

Inoue e Martins (2006) relataram que a espécie demonstra boa adaptabilidade e produção para uso comercial. Desenvolve-se em solos bem drenados, com acidez média e neutra, (MARTINS; STURION; NEVES, 2004), geralmente com pH entre 5 e 7 (LAMPRECHT, 1990). De acordo com Prause e Basail (1993), a melhor adaptabilidade da Grevílea se dá em solos férteis, tais como aqueles de origem em margens aluviais ou basálticos, no entanto se desenvolve também em solos menos férteis e poucos profundos, derivados de material sedimentar. Sebbenn *et al.*, (1999), mencionaram que a espécie não tolera solos encharcados, no entanto, Lamprecht (1990) afirmou o desenvolvimento da Grevílea em solos pouco inundados, porém com baixo crescimento e troncos mal formados.

A disseminação desta espécie iniciou-se por volta de 1930, quando sementes foram encaminhadas a Inglaterra, sendo conseqüentemente conhecida em toda a Europa. Além disso, foi introduzida também no Srilanka e Índia (MARTINS; RIBASKI; NEVES, 2002; MARTINS; STURION; NEVES, 2004).

Em vários países tropicais, a Grevílea foi introduzida para sombrear diversas culturas como o café, cacau e chá. Para esta finalidade ela é comum em Ruanda, Burundi, Havaí e algumas regiões meridionais da Florida, e em altitudes moderadas do leste da África. No final da década de 70, sua aptidão como espécie para sistemas agroflorestais foi inicialmente destacada no Quênia. (HARDWOOD; GETAHUN, 1990).

No Brasil, foi introduzida no final do século XIX, inicialmente no Estado de São Paulo, com o objetivo de sombreamento de cafezais, sendo recomendada

posteriormente para formação de quebra-ventos para estas mesmas plantações. (MARTINS; RIBASKI; NEVES, 2002; MARTINS; STURION; NEVES, 2004). No entanto, as primeiras introduções de sementes desta espécie em território brasileiro, foram oriundas de poucas matrizes, resultando conseqüentemente, numa base genética restrita. Sebbenn *et al.*, (1993) e Sebbenn *et al.*, (1999) mencionam que é desconhecida a origem do material genético que vem sendo cultivados por várias gerações, resultando em sérios problemas de depressão por endogamia. Como mencionado anteriormente, este mesmo autor também acredita no fato de que as coletas de sementes em espécies australianas eram do tipo monoprogênie. Martins (2000), citou que a introdução da Grevílea fora dos padrões recomendados além do controle genético escasso, gera árvores com características indesejáveis e Martins *et al.*, (2005) exemplificou estas características com a formação de povoamentos com elevada mortalidade, sementes de baixo vigor e número elevado de fustes mal formados.

Em virtude dos problemas de introdução do material genético acima mencionado, e principalmente pelo crescimento potencial nas condições brasileiras, desperta-se a vontade e a necessidade de programas de melhoramento com a espécie (LINS *et al.*, 2001).

Estudos conduzidos por Martins, Sturion e Neves (2004), demonstraram que com esta prática, podem ser obtidos ganhos genéticos de 23,33 a 33,33% em relação às sementes comerciais de Grevílea, tanto pelo desbaste do teste combinado de procedências e progênie quanto pela propagação vegetativa. A coleta de sementes de Grevílea é extremamente difícil devido à maturação irregular e o seu poder germinativo é muito baixo, gerando grande dificuldade na produção de mudas (ZANON; CARPANEZZI, 1993). Desta forma, Souza Junior, Quorin e Wendling (2000) apresentaram como uma das soluções para reprodução da espécie, a propagação vegetativa, sendo necessário, no entanto, estudos para a determinação de um protocolo eficiente.

Ainda em referência a importância do melhoramento genético para a Grevílea, experimentos nos Estados de São Paulo e Paraná, envolvendo procedências e progêneses vêm demonstrando sua alta potencialidade produtiva (SHIMIZU; MARTINS; FERREIRA, 1998; FERREIRA; MARTINS, 1998; MARTINS, 2000). Martins, Ribaski e Neves (2002), em estudo desta espécie no Noroeste do Paraná a partir de 21 procedências relataram que o volume aos três anos de idade variou de 0,0187 m³ a 0,0563 m³. Outro experimento conduzido por Martins e Neves (2004) no Paraná e em São Paulo com o objetivo de avaliar a influência do material genético a partir de indivíduos com diferentes idades e locais proporcionaram informações sobre a produção volumétrica da Grevílea, as quais são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 – PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DA *Grevillea robusta* NOS ESTADOS DO PARANÁ E SÃO PAULO COM DIFERENTES IDADES

Local de plantio	Idade (anos)	Teste	Volume (m ³ .ha ⁻¹)	IMA ¹ (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Nova Esperança - PR	3	GC	24,38	8,13
		GI	48,58	16,19
		APS	60,43	20,14
Quedas do Iguaçu – PR	4	GC	87,06	21,76
		GI	149,45	37,36
		APS	189,31	47,33
Anhembi - SP	8	GC	243,52	30,44
		GI	378,58	47,32
		APS	451,59	56,45

NOTAS: ¹ Incremento médio anual com casca; GC: Grevílea Comercial; GI: Grevílea Importada; APS: Área de Produção de Sementes.

FONTE: MARTINS E NEVES (2004)

Canto e Schneider (2004), estudando a dinâmica do crescimento da Grevílea no Rio Grande do Sul, verificaram que a espécie apresentou DAP de 7,3 cm e 36,0 cm, volume comercial médio sem casca de 0,0215 m³ e 1,2388 m³ e fator de forma comercial médio de 0,86 e 0,69 para 6 e 30 anos respectivamente, e incremento

médio anual máximo de 0,0427 m³/ano. Tais autores relatam que os resultados obtidos indicam um ótimo crescimento e que a espécie apresenta-se potencial para reflorestamentos com o objetivo de produção de madeira de grandes dimensões para desdobro ou até mesmo para laminação, haja visto as boas características tecnológicas de sua madeira.

Em relação ao seu crescimento em outros países, Hardwood e Getahun (1990) apresentaram incremento médio anual de 14 m³/ha em plantios de 43 anos no Hawaí, e incrementos inferior a 10 m³/ha em rotações de 10 a 20 anos.

Em Uganda, em condições ótimas de crescimento a Grevílea apresentou altura média de 22 m e DAP de 29,1 cm, aos 14,8 anos (SHIMIZU; MARTINS; FERREIRA, 1998).

Na Costa Rica, os valores apresentados por um povoamento de 10 anos de idade, foram de 16,8 cm e 14,2 m para DAP e altura respectivamente. É admissível esperar um incremento volumétrico anual de 5 a 10 m³/ha (LAMPRECHT, 1990).

Entre os inúmeros fatores que podem influenciar o crescimento das espécies, Okorio e Peden (1992) citaram que para a Grevílea, a velocidade de crescimento é inversamente proporcional as altitudes dos locais de plantios. Resultados obtidos por estes autores demonstraram que em altitude de 2.160 m um povoamento com 20 anos apresentou altura média de 23,5 m e DAP de 27,1 cm, totalizando volume cilíndrico de 1,35 m³. Martins (2000) complementou a influência da altitude exemplificando que árvores situadas em altitudes de 900 a 1.000 m, têm a altura reduzida, sendo que o DAP não ultrapassa 75 cm.

Em relação às características anatômicas, a Grevílea apresenta coloração castanho-rosado, boa qualidade (LORENZI *et al.*, 2000), cerne, alburno e anéis de crescimento pouco distintos (NIGOSKI; MUNIZ; KLOCK, 1998). Lamprecht (1990) citou ainda que a madeira é bastante atrativa, com desenhos de muita beleza, especialmente na zona de nós.

Sob o ponto de vista físico, a madeira de Grevílea é moderadamente dura. A massa específica encontrada na literatura apresenta grande variabilidade, sendo $0,44 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{básica}}$ e $0,53 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{ap12\%}}$ (PEREYRA *et al.*, 2006), $0,53 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{básica}}$ (PEREIRA; SCHAITZA; BAGGIO, 2000), $0,56 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{ap15\%}}$ (LAMPRECHT, 1990), $0,57 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{básica}}$ (CATIE, 1986), $0,59 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{ap15\%}}$ (IPT, 1997), $0,60 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{ap15\%}}$ (CARPANEZZI *et al.*, 1988), $0,66 \text{ g/cm}^3 - \text{ME}_{\text{ap15\%}}$ (ANUÁRIO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1951).

Em referência as propriedades anisotrópicas, a contração volumétrica é de 9,71% (PEREYRA, *et al.*, 2006), 11,3% (IPT, 1997), 11,6% (PEREIRA; SCHAITZA; BAGGIO, 2000), 12,04% (ANUÁRIO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1951) e 12,05% (SCHNEID *et al.*, 2008).

As propriedades mecânicas são de média resistência, onde o Módulo de Ruptura e o Módulo de Elasticidade no ensaio de Flexão Estática são 63 MPa e 6.954 MPa respectivamente, e no ensaio de Compressão Paralela são de 26 MPa e 9.514 MPa, Tensão de cisalhamento de 9 MPa e Dureza de 3.732 N (OIKAWA; MATOS; TRIANOSKI, 2009). Pereyra *et al.*, (2006) obtiveram resultados para o ensaio de flexão estática de 51,15 MPa para o MOR e 4.481 MPa para o MOE.

Em relação às propriedades químicas, o teor de extrativos totais, lignina e holocelulose são de 3,2%, 22,1% e 74,7% respectivamente. O potencial energético é de 4.528 kcal/kg para o poder calorífico superior da madeira, e a composição do carvão é de 81,1% de carbono fixo, 16,6% de voláteis e 2,3% de cinzas (PEREIRA; SCHAITZA; BAGGIO, 2000), podendo ser utilizada para fins energéticos tanto pela queima direta quanto para produção de carvão (ANDRADE *et al.*, 2009).

Lamprecht (1990) mencionou que a espécie é de difícil secagem e possui tendência para rachar e empenar e Cozzo (1956) complementou que além da secagem, a climatização também é extremamente difícil, já que a Grevílea apresenta uma excessiva variação de tensões internas. Este mesmo autor menciona meios para a minimização de tais tensões, entre eles, a colheita no inverno e a utilização de modelos de corte que gerem tabuas radiais. Após um processo lento de

secagem, a madeira de Grevílea é de fácil trabalhabilidade (FERREIRA; MARTINS, 1998).

Quanto à aplicação, a *Grevillea robusta* é bastante utilizada para proteger lavouras de café, pelo fato de ser a espécie que mais se aproxima da árvore ideal para quebra-ventos, que deve ser ereta, perenifólia, de rápido crescimento, pouco agressiva na competição radicular e de copa não muito densa. (DURIGAN; SIMÕES, 1987). Baggio *et al.*, (1997) complementaram que o sistema café-grevillea é mais vantajoso economicamente que o plantio isolado de café, incluindo renda de madeira e lenha.

Martins e Neves (2004), e Martins *et al.*, (2005) relataram seu potencial de mercado para sombreamento de pastagens e de outros cultivos, e, Silva e Mazuchowski (2000) e SANTOS *et al.*, (2000) recomendaram esta espécie como ideal para sistemas agroflorestais, em virtude da pouca competitividade com as culturas agrícolas e com benefícios reconhecidos.

Santos (1993) em estudo da situação florestal na Região Norte e Noroeste do Paraná constatou que devido ao baixo índice de cobertura florestal (cerca de 3%), a madeira tornou-se um produto escasso e os quebra-ventos de Grevílea tornaram-se uma fonte de matéria prima importante para as serrarias da região. Este autor constatou o emprego de toras da espécie em cerca de 56,5% das serrarias localizadas na microrregiões de Londrina, Maringá e Paranavaí, e em termos de utilização energética constatou-se que a Grevílea era utilizada por aproximadamente 25% dos consumidores de lenha, sendo superada apenas pelo *Eucalyptus*.

Esta espécie é também utilizada como matéria prima para painéis e compensados (FERREIRA; MARTINS, 1998). Inoue e Martins (2006) enfatizaram a sua aplicação em painéis decorativos graças ao seu brilho natural e aspecto atraente. Para esta finalidade a EMBRAPA (1986) mencionou que a desrama é uma operação extremamente importante e recomendada.

Algumas empresas moveleiras do Noroeste do Paraná e de São Paulo a utilizam para produzir alguns tipos de móveis como camas, mesas e cadeiras (MARTINS, 2000), no entanto, Carvalho (1998) e Shimizu (1998) informaram que a madeira apresenta variações acentuadas na sua aparência, e como restrição, os

produtores de móveis apontam a dificuldade de acabamento em algumas tábuas. Tais variações resumem-se à espiralização, entretanto, nem todas as árvores são espiraladas, evidenciando deste modo a importância de um programa de melhoramento para qualidade da madeira.

Na Austrália é bastante empregada em construções de interiores, laminados, marcenaria artística e pisos. Quando misturada com fibras longas, também apresenta aptidão à indústria de celulose (LAMPRECHT, 1990).

Apresenta também grande importância e adequabilidade a geração de energia, principalmente na Região Sul, onde o interesse no plantio desta espécie para a obtenção de lenha e madeira é cada vez maior (MARTINS, 2000).

Ainda como um produto gerado por esta espécie, Mwangi (2001) relatou que a goma produzida pela Grevílea pode ser utilizada como um adesivo para madeira, a um custo aproximado de 25% dos adesivos sintéticos. A produção média por árvore é de cerca de 1 kg por ano, devendo ser usada para aplicações internas em locais de baixa temperatura. É solúvel em água e não requer tratamento específico e métodos de armazenamento. Em termos finais de importância e utilização, Schallenberger⁴, (1995), citado por Souza Junior (2007), afirmou que como madeira serrada, a Grevílea é considerada de alto potencial para exportação a diversos países.

A Figura 5 apresenta as características da *Grevillea robusta*.

⁴ SCHALLENBERGER, T. C. H. **Estudos de aspecto da germinação e dormência de sementes de *Grevillea robusta* A. Cunn.** 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Bociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.



FIGURA 5 – CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Grevillea robusta*

a) Sementes (MARTINS, 2010); b) Casca; c) Mudas (MARTINS, 2010); d) Floração; e) Tronco e folhagem (MATOS, 2008); f) Plantios (MARTINS; MEDRADO, 2010); g) Corte transversal (Foto macro); h) Corte radial (Foto macro); i) Corte tangencial (Foto macro); j: Fotomicrografia corte transversal; k: Fotomicrografia corte radial; l: Fotomicrografia corte tangencial.

NOTA: Fotos b, g, h, i, j, k, l – A autora (20100)

2.4.4 *Schizolobium parahyba* Vell. Blake - Guapuruvu

O *Schizolobium parahyba* Vell. Blake é uma espécie nativa, pertencente a Família Leguminosae Caesalpiniaceae e conhecida popularmente como Guapuruvu. (COZZO, 1962, REITZ; KLEIN; REIS, 1978, RIZZINI, 1981; INOUE; RODERJAN; KUNIYOSHI, 1984; SANTOS, 1987; LORENZI, 1992; MORAIS NETO; 1992, LIMA *et al.*, 2000; CARVALHO, 2003; FREIRE, 2005; COELHO *et al.*, 2006; FERREIRA, *et al.*, 2007, MATHEUS; LOPES, 2007, SEREDA *et al.*, 2008, MARCATI; MILANEZ; MACHADO, 2008).

É uma espécie florestal que vem apresentando grande potencial. Reitz; Klein; Reis (1979) consideraram como uma das 12 espécies mais importantes (entre 55 selecionadas) para estabelecimento de reflorestamentos. Merece particular atenção em virtude da alta qualidade de sua madeira, de sua vitalidade, abundância, ampla dispersão, rápido crescimento e produção periódica de sementes viáveis, e em relação à pesquisas sobre os métodos a serem empregados para seu desenvolvimento a fim de se obter pleno sucesso no reflorestamento em escala comercial e industrial.

Segundo Carvalho (2003, 2005), ocorre em áreas com precipitação média anual variando de 1.100 a 2.400 mm e temperatura média anual de 18,8°C a 24,3°C em clima tropical, sub-tropical de altitude e sub-tropical úmido. Não tolera baixas temperaturas. É encontrada em altitudes que variam de 10 m a 900 m.

É uma espécie característica da Floresta Ombrófila Densa, ocorrendo principalmente em planícies aluviais, ao longo de rios e no início de encostas (CARVALHO, 2003), onde forma grupamentos densos em clareiras (GALVÃO; MEDEIROS, 2002). Sua nítida preferência por ambientes mais úmidos a classifica como uma seletiva higrófila (LORENZI, 1992). Apresenta pouca exigência a condições edáficas e muita exigência quanto à luz. Em vista deste comportamento,

tudo indica que as melhores condições para o estabelecimento de plantios florestais estão localizados na Região da Mata Atlântica. (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). Ocorre naturalmente desde a Bahia, (12°30'S) até o Rio Grande do Sul (30°15'S), comum em vegetação secundária e com bom potencial para uso na recuperação de matas ciliares (CARVALHO, 2005).

É uma árvore de característica caducifólia a semi-caducifólia de 10 a 25 m de altura, e DAP de 30 a 60 cm (LIMA *et al.*, 2000), podendo, em condições favoráveis atingir 30 m e 100 cm de DAP (RICHTER; TOMASELLI; MORESCHI, 1974). Apresenta desrama natural intensa na fase inicial de desenvolvimento (LIMA *et al.*, 2000). Possui tronco cilíndrico e retilíneo, casca lisa, verde quando jovem e acinzentada quando adulta, (INOUE; RODERJAN; KUNIYOSHI, 1984) marcada com cicatrizes da afixação das folhas e com espessura de 5 mm (CARVALHO, 2005), 8 mm (BORTOLETTO JUNIOR; BELINI, 2002), 10 a 20 mm, com possível facilidade de descascamento mecânico (RICHTER; TOMASELLI; MORESCHI, 1975).

Apresenta pouca exigência no que diz respeito à fertilidade química do solo, já que ocorre naturalmente em todo o Vale do Paraíba, onde as terras primam pelo baixo teor em nutrientes, entretanto, o Guapuruvu cresce melhor em solos de boa fertilidade, profundos e úmidos, bem drenados e com textura que varia de franca a argilosa. Solos rasos, de baixa fertilidade, de textura arenosa ou demasiadamente secos são inadequados para a espécie (CARVALHO, 2005).

Em relação ao seu crescimento, esta espécie pode atingir até 10 m num período de dois anos (LORENZI, 1992), sendo considerada uma das plantas nativas de mais rápido crescimento (CARVALHO, 2003). Richter, Tomaselli e Moreschi (1974), complementaram o crescimento excepcional do Guapuruvu, onde em condições favoráveis de clima e solo no Norte do Paraná, povoamentos puros com espaçamento de 4 x 4 e 2,5 anos atingiram altura de 15 m e DAP de 10 cm e no litoral catarinense em condições normais de solo, espaçamento 1 x 1 o desempenho vegetativo foi de 5 m de altura e DAP de 10 cm no primeiro anos. Silva e Torres

(1992) constataram que esta mesma espécie em espaçamento 3 x 3 apresentou DAP médio de 21,2 cm e 24,4 cm e altura média de 12,7 m e 13,7 m, para árvores com 10 e 14 anos respectivamente.

Outro exemplo do crescimento do Guapuruvu, em plantios experimentais de diferentes idades, espaçamentos e regiões pode ser verificado na Tabela 5.

TABELA 5 – CRESCIMENTO DO *Schizolobium parahyba* EM QUATRO ESTADOS DO BRASIL

Local	Idade (anos)	Espaçamento (m x m)	Altura (m)	DAP (cm)
Adrianópolis - PR	2	4 x 2,5	4,9	10,0
Fênix - PR	2	2 x 2	7,0	10,4
Foz do Iguaçu - PR	3	4 x 3	7,7	17,4
Mamburê - PR	3	2 x 2	6,2	11,4
Rolândia - PR	3	5 x 5	8,7	17,2
Coronel Pacheco - MG	5	-	12,0	15,0
Osório - RS	6	2 x 2	9,0	15,0
Santa Helena - PR	7	4 x 4	13,1	20,0
São Simão - SP	7	4 x 2	15,4	22,2
Santa Helena - PR	8	4 x 3	14,0	23,4
Quedas do Iguaçu - PR	8	4 x 4	16,2	39,1
Dois Vizinhos - PR	10	3 x 2	11,8	19,6
Paranaguá - PR	10	3 x 2	5,0	8,5
Santa Helena - PR	10	4 x 4	24,7	40,9
Campo Mourão - PR	12	3 x 3	15,4	25,8
Cosmópolis - SP	20	-	21,7	47,0

FONTE: CARVALHO (2005) adaptado.

Na Argentina, experimentos demonstraram também o excelente desempenho da espécie, onde árvores com 10 anos e 3 meses em espaçamento 2 x 2 apresentaram DAP médio de 20,4 cm, sendo que 20% dos indivíduos apresentaram diâmetro inferior a 15 cm, 53% apresentaram diâmetro entre 16 e 25 cm e 27%

diâmetro superior a 25 cm. A altura média para o povoamento foi de 21 m com fuste livre de 15 m, onde todas as árvores apresentaram a característica de dominância ou co-dominância (COZZO, 1962).

Salgado *et al.*, (1989) relataram a potencialidade volumétrica desta espécie em curtas rotações, sendo que em um período de 10 anos a mesma pode produzir até 600 m³/ha, considerando espaçamento 4 x 4 e condições favoráveis de clima e solo. Carvalho (2005) complementou a produtividade volumétrica máxima observada de 45m³.ha⁻¹.ano⁻¹.

Em relação à propagação vegetativa da espécie, esta ocorre geralmente por meio de sementes, as quais apresentam impermeabilidade de tegumento à água, sendo necessário tratamento para quebra de dormência (BIANCHETTI; RAMOS, 1981; MENDONÇA; PENHA, 2009). Coelho *et al.*, (2006) afirmaram que o mecanismo de dormência apresentado pelas sementes de Guapuruvu são responsáveis pela perpetuação da espécie ao longo do tempo e Ferreira *et al.*, (2007) concluíram que a avaliação da qualidade de suas sementes é fundamental para a propagação. A espécie pode ainda, multiplicar-se por estacas de ramos finos.

É uma espécie interessante para estudos genéticos populacionais, por ser uma espécie pioneira, de rápido crescimento, de ampla distribuição geográfica. Não existem estudos descrevendo os níveis e a distribuição da variabilidade genética entre e dentro de suas populações (FREIRE *et al.*, 2007).

Em referência as características anatômicas, o Guapuruvu possui madeira branco-amarelada clara, às vezes com tonalidade róseo-pálida, superfície sedosa, lisa mais ou menos lustrosa, e em geral leve e macia (RIZZINI, 1995, PERNÍA, ARAQUE; LEON, 1998). O cerne e o alburno são indistintos, grã irregular e textura média a grossa (INOUE; RODERJAN; KUNIYOSHI, 1984). O crescimento anual é delimitado por uma faixa de parênquima (MARCATI; MILANEZ; MACHADO, 2008). As fibras apresentam comprimento de 0,5 mm a 1,1 mm, sendo as mais freqüentes

de 0,8 e 0,9 mm e predominando as de 0,8 mm. (REITZ; KLEIN; REIS, 1979). A porosidade é de 2,3 a 3 poros/mm² (PERNÍA, ARAQUE, LEÓN, 1998).

A massa específica básica mencionada na literatura varia de acordo com diferentes estudos, sendo encontrados valores de 0,24 g/cm³ – ME_{básica} (ANDRADE; CARVALHO, 1980) 0,29 g/cm³ – ME_{básica} (LTM, 2009), 0,30 g/cm³ – ME_{básica} (SALGADO, *et al.* 1989), 0,32 g/cm³ – ME_{básica} (LORENZI, 1992), 0,32 g/cm³ – ME_{básica} (RICHTER; TOMASELLI; MORESKI; 1974); 0,39 g/cm³ – ME_{básica} (BORTOLETTO JUNIOR, BELINI, 2002) e 0,30 a 0,40 g/cm³ (REITZ; KLEIN; REIS, 1979).

A madeira apresenta-se altamente instável, com coeficiente de anisotropia de 2,06 (LTM, 2009) e 3,06 (JANKOWSKI, 1990) e contração volumétrica de 13,95% e 8,4% respectivamente.

No que concerne as propriedades mecânicas, apresenta Módulo de Ruptura de 34 MPa e Módulo de Elasticidade de 4501 MPa no ensaio de Flexão estática, e 18 MPa e 6904 MPa respectivamente no ensaio de Compressão paralela. A tensão média de cisalhamento para a espécie é de 6 MPa e a dureza de 1429 N (LTM 2009). Em conseqüência da baixa resistência mecânica apresentada pela espécie, Richter, Tomaselli e Moreschi (1975) recomendaram a transformação tecnológica do material, de maneira a se conseguir um produto de maior qualidade.

Sob o ponto de vista químico apresenta teor de lignina relativamente baixo. Já em referência ao aspecto energético, não apresenta lenha de boa qualidade. Andrade e Carvalho (1998) mencionaram que em virtude da espécie apresentar massa específica bastante baixa, não é indicada para a produção de carvão vegetal que, certamente, apresentaria baixa densidade e alta porosidade, friabilidade e higroscopicidade.

Apresenta-se como de fácil trabalhabilidade, porém com dificuldades na fixação de parafusos e pregos, e relativa aspereza. É considerada uma madeira de

fácil secagem, sem apresentar rachaduras, empenamentos, encanoamentos ou descolorações. Em linhas gerais, é pouco durável em contato com o solo, relativamente durável no uso externo, muito durável em usos internos e não suscetível ao ataque de insetos. No litoral esta espécie é bastante difundida para a fabricação de canoas, tida como de grande durabilidade em contato com águas salgadas. Devido à presença de óleo-resina abundante nos vasos, deve apresentar certa dificuldade na aplicação de substâncias preservantes (RICHTER; TOMASELLI; MORESCHI, 1974).

A madeira de Guapuruvu possui grande importância econômica. (PIETROBOM; OLIVEIRA, 2004) e conseqüentemente ampla utilização. Pode ser empregada na fabricação de móveis, formas de concreto, caixotaria leve e pesada e forros (MAINIERI; PEREIRA, 1965). É bastante utilizada na confecção de canoas e objetos para aeromodelismo, em função da baixa densidade (RIZZINI, 1978), na construção civil (CARVALHO, 2003) e na fabricação de portas e brinquedos (LORENZI, 1992).

É potencial também para a produção de lâminas e painéis compensados (BORTOLETTO JUNIOR; BELINI, 2002). Segundo pesquisa desenvolvida por estes autores, o rendimento do processo de laminação do Guapuruvu pode ser considerado expressivo, com 60,98% desconsiderando a casca e 52,59% quando se considera o volume das toras com casca. O descascamento é fácil e a espessura da casca é de aproximadamente 0,8 cm. As maiores perdas verificadas no processo são de 22,9%, inerentes ao arredondamento, estando relacionada diretamente com a conicidade e tortuosidade das toras e 18,3% de perda bruta (perda no descascamento + perda do rolo-resto). A perda bruta é considerada como bastante baixa, comparando-se com outras madeiras tropicais que apresentam valores entre 25% e 35%. O compensado de Guapuruvu apresenta-se potencial para uso em móveis, embalagens e caixotaria.

Embora haja referências sobre a utilização do Guapuruvu como fonte promissora na fabricação de papel, Richter, Tomaselli e Moreschi (1974) afirmaram que poucas são as bases concretas. Segundo estes mesmos autores, as indústrias que utilizam esta espécie, citam que a pasta mecânica é de boa qualidade, coloração clara e de boa aceitação no mercado, no entanto, para a produção de papelão, há necessidade de utilizar espécies com fibras maiores, com no máximo 30% da espécie em questão, evitando desta forma, redução da resistência e comprometimento do produto final. Um metro cúbico de madeira de Guapuruvu pode gerar entre 300 e 350 kg de pasta mecânica.

Por se tratar de uma espécie de rápido crescimento, é bastante recomendada para fins ornamentais, para programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (LIMA *et al.*, 2000) e em projetos de revegetação e paisagismo (FEREIRA *et al.*, 2007).

A casca possui propriedades taníferas, sendo o tanino utilizado para curtir couro. A casca também possui propriedades adstringentes e é utilizada na medicina popular (CIBP, 2005). Suas sementes são muito apreciadas como matéria prima para artesanato, podendo ser utilizada para a confecção de brincos, colares e pulseiras (FREIRE, 2005).

A Figura 6 demonstra as características do *Schizolobium parahyba*.

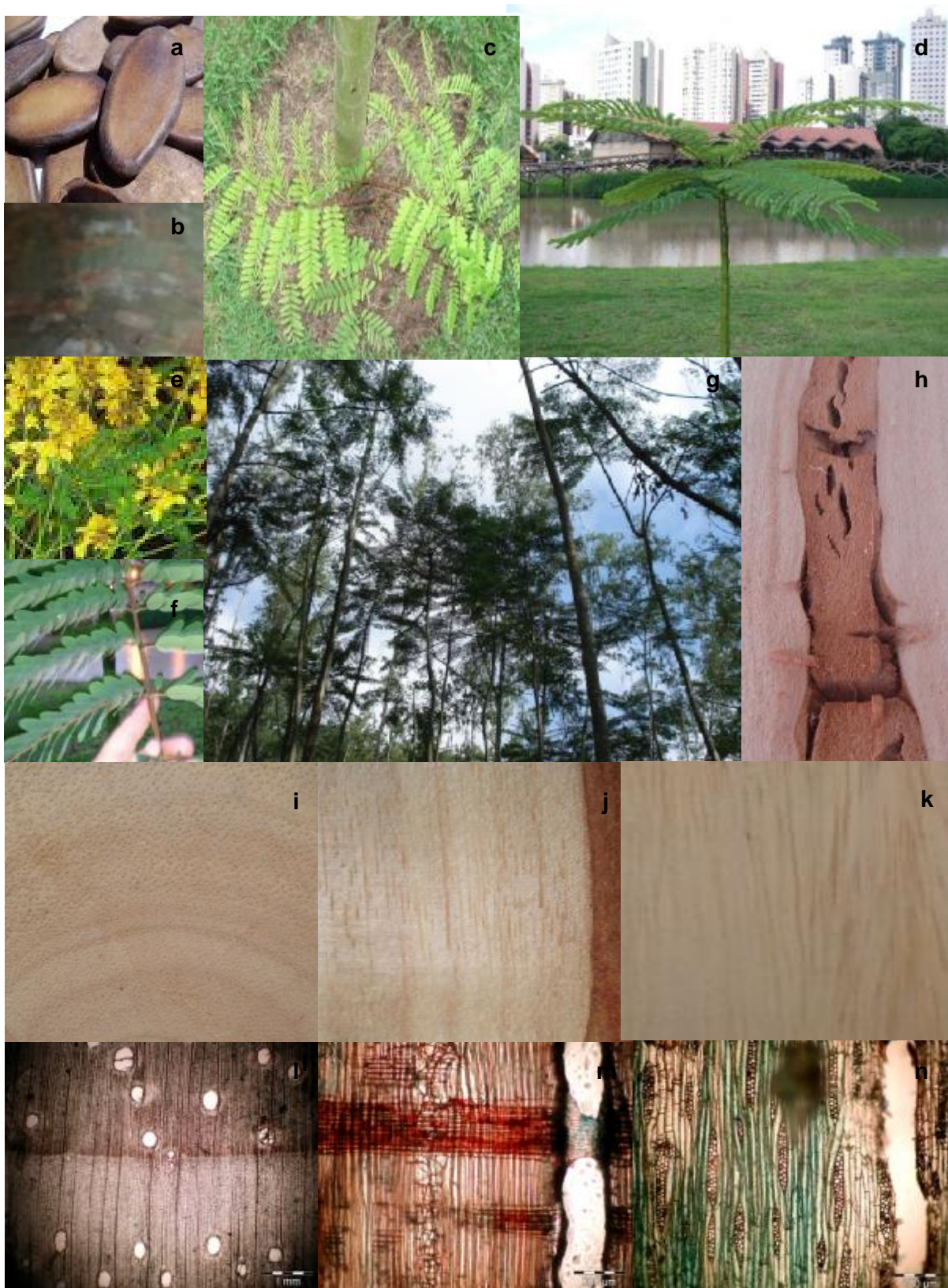


FIGURA 6 – CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Schizolobium parahyba*

a) Sementes (FLICKR, 2010); b) Casca; c) Brotação; d) Arvore em arborização urbana; e) Floração (PORTOGENTE, 2010); f) Folhas g) Plantios experimentais; h) Aspecto da medula; i) Corte transversal; j) Corte radial; k) Corte tangencial; l) Fotomicrografia corte transversal; m) Fotomicrografia corte radial; n) Fotomicrografia corte tangencial.

NOTA: Fotos b, c, d, f, g, h, i, j, k, l, m, n – A autora (2010)

2.4.5 *Toona ciliata* M. Roem – Cedro australiano

A *Toona ciliata* M. Roem, conhecida popularmente como cedro australiano, é uma *Angiospermae* de hábito arbóreo pertencente à Família Botânica *Meliaceae*. É uma espécie nativa da Austrália (KEENAN *et al.*, 1997, HERWITZ *et al.*, 1998, SAKCHOOWONG; CHOBTHAM; RATTANACHAN; 2008, SCOCCHI *et al.*, 2009) e sua distribuição se estende desde a Índia e Malásia, até o Norte da Austrália (SOUZA *et al.*, 2009). Forma uma cobertura estacional decidual muito comum em Queensland (HERWITZ; SLYE; TURTON, 1998).

Apresenta bom crescimento em regiões com altitude de 500 a 1.500 m e com precipitação anual de 800 a 1.800 mm. Seu desenvolvimento é prejudicado em solos argilosos compactados e solos arenosos pobres, sendo necessária, 1 adubação no plantio e 2 ou 3 adubações durante o seu crescimento. Solos mal drenados ocasionam a morte por encharcamento das raízes. Esta espécie pode ainda suportar uma estiagem de 2 a 6 meses (Boletim Florestal, 2008). De acordo com Paiva *et al.*, (2007), em estudo de zoneamento agroecológico de pequena escala, a *Toona ciliata* apresentou restrição ao plantio nas áreas altas.

É uma espécie exótica que se caracteriza por apresentar crescimentos mais rápidos que outras espécies nativas e exóticas de alto valor (STYLES, 1972; TARNOWSKI, 2007), e também é considerada uma árvore de grande porte, podendo alcançar até 55 m de altura (Gouvêa, 2005). Segundo Tsukamoto Filho *et al.*, (2002) uma das opções de utilização da *Toona ciliata* se deve ao fato dessa espécie apresentar crescimento rápido e semelhante ao *Eucalyptus* e adaptação as condições edafo-climáticas, e Paiva *et al.*, (2007) complementaram que esta espécie pode ainda ser utilizada em reflorestamentos puros ou em associações mistas com outras espécies, como *Eucalyptus grandis* ou *Eucalyptus urophylla*, ou como componente de sistemas silvipastoris ou agrosilviculturais.

A propagação da *Toona* é exclusivamente por sementes. Carpineti (2005) relatou que se partir de uma plantação clonal, pode-se recuperar e melhorar substancialmente os investimentos florestais, devido a uma maior produtividade, melhor qualidade e uniformidade do produto final.

De acordo com Dordel e Simard (2009), a *Toona ciliata* exige um certo grau de proteção contra a geada, nos seus primeiros anos de crescimento. Estas autoras relataram ainda que o cultivo desta espécie em associação, principalmente com *Eucalyptus*, proporciona um maior índice de sobrevivência de indivíduos, além do sombreamento moderado ser especialmente benéfico para seu crescimento, especialmente em altura. No Brasil, experimentos conduzidos em consórcio com a cultura de café demonstraram que esta é uma opção viável para implantação em pequenas e médias propriedades rurais, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais (TSUKAMOTO FILHO *et al.*, 2002).

Daquinta *et al.*, (2005), relataram que o principal fator limitante do cultivo de plantações de *Meliaceae*, como o Mogno (*Swietenia macrophylla*) e cedro rosa (*Cedrela fissilis*) está relacionado ao ataque da *Hypsipyla spp.* Desta forma, Almeida (2005) recomendou o uso de *Toona ciliata* em plantios consorciado com mogno, tendo em vista que a *Toona ciliata* é altamente tóxica as lagartas de *Hypsipyla grandella*, atuando como controladora biológica e gerando rápida mortalidade quando estas se alimentam de suas folhas.

Considerando aspectos correlatos ao seu crescimento, em espaçamento adequado e boas técnicas de manejo, o tempo de rotação desta espécie é de 20 a 25 anos, com diâmetros de 50-55 cm, gerando um volume de 300 m³/há (ZAPATER *et al.*, 2005⁵, citado por TARNOWSKI, 2007). De acordo com Souza *et al.*, (2009), a *Toona ciliata* vêm sendo plantada visando a produção de madeira para serraria. O destaque neste segmento ocorre em virtude de seu ciclo relativamente curto, boa

⁵ ZAPATER, *et al.*, **El potencial forestal de Salta**. Informe Técnico del Ministerio de la Producción y el Empleo. Secretaría de la Producción de Salta, 2005, 24p.

produtividade de madeira e o valor de sua madeira. O Boletim Florestal (2008), e Sakchoowong, Chobtham e Rattanachan (2008), relataram que muitos países têm estabelecido plantios de cedro australiano em função do último fator mencionado.

No Brasil, esta espécie exótica encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento vegetativo e produção de madeira (BOLETIM FLORESTAL, 2008; SOUZA *et al.*, 2009) e os plantios comerciais tem estimado um Incremento médio anual de 20 a 30m³/ha/ano. Em Minas Gerais, plantios submetidos a técnicas adequadas de manejo chegam a atingir uma altura média de 20 m e DAP de 40 cm aos 12 anos (ZIECH, 2008).

Na Argentina, sua introdução e desenvolvimento apresentam importantes qualidades como espécie florestal. (SCOCCHI *et al.*, 2009), e principalmente como produtora de madeira (MROGINSKI; REY; MROGINSKI, 2002). Em Misiones, vem sendo introduzida em pequenas plantações devido ao seu elevado valor. quando comparado com *Pinus* e *Araucaria angustifolia* (SANCHEZ-ACOSTA, 2005). Nas províncias de Salta e Jujuy e Noroeste da Argentina, é utilizada para diminuir a extração seletiva de recursos genéticos florestais naturais, principalmente de espécie de cedros (TARNOWSKI, 2007).

Segundo Rodriguez (2005), a introdução desta espécie na Costa Rica está relacionada com uma espécie de cedro resistente a broca que ataca a Família *Meliaceae*, e que após uma etapa satisfatória de crescimento a *Toona ciliata* apresenta uma mortalidade muito agressiva de indivíduos. Para este mesmo autor, o cultivo da espécie está relacionado a um monitoramento adequado e a um plano de reintrodução silvicultura.

Quanto às características organolépticas, o Cedro australiano apresenta coloração avermelhada, exalando um agradável odor após ser processada (LAMPRECHT, 1990), grã reta e desenho atrativo (BOLETIM FLORESTAL, 2008; TARNOWSKI, 2007).

Sob o ponto de vista anatômico, a espécie apresenta vasos com porosidade em anéis semi-porosos, em arranjos radiais com placas de perfuração simples, característicos das espécies da Família *Meliaceae*, fibras muito curtas (ZIECH, 2008)

Em relação a massa específica o cedro australiano os valores disponíveis em literatura são de $0,31 \text{ g/cm}^3$ - $ME_{\text{básica}}$ (ZIECH, 2008), $0,34 \text{ g/cm}^3$ - $ME_{\text{básica}}$ e $0,42 \text{ g/cm}^3$ - $ME_{\text{AP } 12\%}$ (PEREYRA *et al.*, 2006), $0,57 \text{ g/cm}^3$ (TARNOWSKI, 2007), e entre $0,46$ a $0,64 \text{ g/cm}^3$ de acordo com Boletim Florestal (2008).

Quanto às propriedades dimensionais, apresenta contração volumétrica média de 10,32% (LTM, 2009), 12,26% (PEREYRA *et al.*, 2006) e 15,52% (ZIECH, 2008) e com respectivos valores de anisotropia de contração e 3,79.

Em relação às propriedades mecânicas, Pereira *et al.*, (2006) obtiveram módulos de ruptura e elasticidade de 45,90 MPa e 6.392,76 MPa respectivamente no ensaio de flexão estática.

Em referência à constituição química, a madeira do Cedro australiano apresenta teor de holocelulose de 64,13%, lignina em torno de 20,31, extrativos 14,87 e teor de cinzas de 0,89% (ZIECH, 2008).

Sob o ponto de vista energético Andrade (2009) obteve poder calorífico de 4.814 kcal/kg; teor de materiais voláteis de 79,29%, teor de carbono fixo de 19,82% e teor de cinzas de 0,59%.

Quanto à utilização, esta espécie apresenta diversos usos, como por exemplo, construção, instrumentos, lâminas e compensados decorativos (PAIVA *et al.*, 2007) e Dordel e Simard (2009), complementaram a aplicação da madeira em portas, janelas, carrocerias, molduras de quadros e trabalhos de torneamento e devido a excelente qualidade e propriedades físicas e mecânicas. Lamprecht (1990) afirmou que é empregada na indústria de móveis, e de modo particular na produção de caixas de charutos, instrumentos musicais e outras finalidade especiais.

A Figura 7 apresenta algumas das características da *Toona ciliata*.



FIGURA 7 – CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Toona ciliata*

a) Sementes (WHITE, 2010); b) Casca; c) Floração (WHITE, 2010); d) Árvores em início de crescimento (CIFLORESTAS, 2010); e) Plantios (ZIECH, 2008); f) Plantios (MATOS, 2008); g) Corte transversal (Foto macro); h) Corte radial (Foto macro); i) Corte tangencial (Foto macro); j) Fotomicrografia corte transversal; k) Fotomicrografia corte radial; l) Fotomicrografia corte tangencial;

NOTA: Fotos b, g, h, i, j, k, l - A autora (2010)

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Estatística é uma ferramenta matemática que se baseia nas teorias probabilísticas para explicação de eventos, estudos e experimentos. Apresenta como objetivo a organização, análise de dados e determinação das correlações, proporcionando descrição e explicação do que aconteceu e previsão e organização do futuro (ANDRADE, 2006).

Segundo Haag (1992) na área de painéis de madeira, além de itens como alta confiabilidade e verificação dos dados mensurados, a análise estatística assume particular importância por responder a muitos questionamentos.

2.5.1 Teste de *outliers*

Em trabalhos experimentais é bastante comum encontrar situações em que num conjunto de dados, alguns valores aparentemente diferem ou se desviam muito dos demais, de modo que eles são considerados dispersos em relação aos outros, ou inconsistentes, e comumente são denominados *outliers*. Podem ser um indicativo de erros grosseiros ou erros sistemáticos que precisam ser detectados e eliminados (OLIVEIRA, 2008).

De acordo com o NIST (2009), muitas técnicas estatísticas são sensíveis a presença de outliers, como por exemplo, os simples cálculos de média e desvio padrão podem ser distorcidos por um único dado grosseiramente errado. Desta forma, alguns métodos são recomendados para detectar valores dispersos, entre eles, o Teste de Grubbs.

2.5.2 Teste de Normalidade de dados

A variabilidade entre os resultados obtidos para uma mesma propriedade ocorre em todos os materiais, mas a intensidade desta variação difere enormemente, de acordo com o tipo de material. É através do conhecimento da forma de variação dos valores individuais da população, que se pode utilizar técnicas estatísticas apropriadas para a determinação da confiabilidade dos valores obtidos (LISBOA; MATOS; MELO, 1993).

Além disso, a maioria dos testes e inferências estatísticas só pode ser conduzida se as variáveis apresentarem determinada aderência a uma distribuição normal (JOHNSON; WICHERN, 1988; PAES, 2009). Thode Jr (2002) reiterou que a maior parte das estatísticas foi construída sob a hipótese de normalidade e por esta razão, é imprescindível a existência e aplicação de testes de normalidade para conjuntos de dados, e, Santos e Ferreira (2003) complementaram que a verificação da normalidade é fundamental para validação das análises estatísticas.

Na literatura existem inúmeros testes de normalidade, entre eles o Teste de Kolmogorov Smirnov, que se baseia na comparação da frequência acumulada observada em um conjunto de dados com a frequência acumulada de distribuição teórica específica, com média e variância conhecidas (CARRIJO; BOSTREL; FAGUNDES, 2008).

Muitas vezes, os dados originais não apresentam aderência à distribuição normal. Desta forma se faz necessário a transformação dos dados por meio de algumas funções matemáticas, como por exemplo, Log, Log 10, Raiz quadrada, Seno, Cosseno, Tangente entre outros (PAES, 2009). Segundo Johnson e Wichern (1988) a transformação obtida geralmente melhora a aproximação à normalidade, porém, não há garantias de que mesmo a melhor escolha de transformação produzirá um conjunto de dados transformados que seja adequado à suposição de

normalidade. Em virtude disso, Lisboa, Matos e Melo (1993) e Paes (2009) afirmaram que quando todos os esforços para se normalizar os dados não forem satisfatórios, deve-se utilizar a estatística não paramétrica.

2.5.3 Teste de Homogeneidade de Variâncias

Um dos requisitos para a realização da análise da variância é haver homogeneidade para as variâncias dos tratamentos individuais (KOEHLER, 1999; SCHNEIDER; SCHNEIDER; SOUZA, 2009).

Segundo Johnson e Wichern (1998) quando ocorre violação da pressuposição da homogeneidade das variâncias, a qualidade dos testes bem como a probabilidade cobertura dos intervalos de confiança são diretamente afetados.

Entre os diversos testes existentes, o Teste de Bartlett é o mais empregado para esta finalidade, o qual deve ser aplicado somente quando as populações cujas homogeneidades serão testadas apresentarem distribuição normal (UFU, 2009).

2.5.4 Análise de Variância

A principal e mais importante técnica utilizada para a solução de problemas é a Análise de Variância. É um método suficientemente robusto para identificar diferenças entre as médias populacionais devidas a várias causas, atuando simultaneamente sobre os elementos da população (COSTA NETO, 2002). Andrade (2006) complementou que é uma maneira tradicional de avaliar o efeito ou influência de um determinado fator sobre um conjunto de dados, e Schneider, Schneider e

Souza (2009) concluem que se constitui no procedimento estatístico básico mais usado em todas as situações de análise dados.

A ANOVA ou aceita ou rejeita a hipótese de nulidade. Quando o modelo que está sendo testado apresenta pouco poder de previsão, ou não há evidências para rejeitar a hipótese de igualdade entre as médias, então a análise é finalizada e se conclui que o fator que está sendo investigado não produz efeito nenhum sobre a variável de resposta. Entretanto quando se rejeita a hipótese de igualdade, afirma-se que ocorre apenas uma desigualdade, e essa conclusão na maioria dos casos não é suficiente para o pesquisador, que deseja saber de que modo ocorre esta desigualdade (BUSSAB; MORETTIN, 2002).

Desta forma, para responder questionamentos desta natureza se utiliza teste de comparação de médias, onde o Teste de Tukey é o mais utilizado (ANDRADE, 2006).

2.5.5 Análise de Covariância

A Análise de Covariância (ANCOVA) é uma técnica de bastante interesse, embora seu uso não seja muito comum. Se utiliza de uma ou mais variáveis auxiliares na interpretação dos dados referentes a uma variável que é de primordial interesse (GOMES, 1976).

Na área de Painéis de Madeira, é bastante aplicada devido à alta variabilidade de resultados gerada pela desuniformidade da densidade, que surge em função da dificuldade de controle e distribuição das partículas durante a formação de painéis em laboratório (MATOS, 1988; IWAKIRI, 1989; ALBERTO, 1992).

2.5.6 Teste de Comparação de Médias

Considerando que a hipótese de nulidade é rejeitada em uma análise de variância, é possível identificar pares de médias diferentes estatisticamente. Neste sentido, uma das ferramentas estatísticas mais utilizadas para esta verificação é o teste de comparação de médias, onde geralmente o Teste de Tukey é o mais utilizado (ANDRADE, 2006).

O Teste de Tukey pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas ou mais médias de tratamentos (GOMES, 1976).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ESPÉCIES ESTUDADAS

As espécies utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho são provenientes de plantios florestais experimentais da Fazenda Osvaldo Amaral, localizados em Corupá – SC, de propriedade da Battistella Florestal, e são apresentadas na Tabela 6, juntamente com a data de plantio, idade e tamanho da área experimental.

TABELA 6 – ESPÉCIES UTILIZADAS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Espécie	Plantio	Idade (anos)	Área de Plantio (ha)
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Novembro/1989	19,5	0,109
<i>Grevillea robusta</i>	Março/1990	19,2	0,920
<i>Melia azedarach</i>	Novembro/1990	18,5	1,000
<i>Schizolobium parahyba</i>	Janeiro/1993	15,5	0,02
<i>Toona ciliata</i>	Fevereiro/1992	17,3	0,552
<i>Pinus taeda</i> (testemunha) ¹	-	-	-

NOTAS: ¹ Material obtido diretamente no processo industrial da Berneck S. A.

FONTE: A autora (2010)

3.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL E AMOSTRAGEM DO MATERIAL

3.2.1 Descrição do local

A área de coleta das espécies, localizada no município de Corupá – SC, está situada a uma latitude de 26°23'19,32" Oeste e a uma longitude 49°16'50,74" Sul, e

a uma altitude de 75 m. O clima na região é subtropical, com temperatura média entre 15°C e 25°C, oscilando entre 0°C e 35°C. A precipitação média anual varia de 1200 a 1600 mm. Há ocorrência de poucas geadas por ano, sendo que as mesmas não possuem muita intensidade.

A Figura 8 ilustra a localização geográfica da região de coleta do material para o estudo.



FIGURA 8 – LOCAL DE COLETA DO MATERIAL DE ESTUDO

FONTE: WIKIMÉDIA COMMONS (2009)

3.2.2 Amostragem do material em campo

A amostragem do material baseou-se na Norma Copant 458/1972, sendo coletadas 5 árvores por espécie.

Anterior a derrubada de cada árvore, foi coletado o valor da Circunferência a Altura do Peito (CAP) e após este procedimento, foram obtidas as alturas total e

comercial, adotando-se o diâmetro mínimo de 8 cm. As árvores foram seccionadas nas alturas de 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Em seguida as toras foram identificadas quanto à espécie e posição longitudinal e transportadas a UFPR.

A Figura 9 demonstra a área de coleta de material.



FIGURA 9 - ÁREAS DE COLETA DE MATERIAL

a) Plantio de *Acrocarpus fraxinifolius*; b) Plantio de *Schizolobium parahyba*; c) Seccionamento de toras; d) Coleta de informações dendrométricas.

FONTE: A autora (2010)

Relata-se que nenhuma das espécies foi submetida a práticas silviculturais e de manejo, exceto o *Acrocarpus fraxinifolius* que recebeu uma poda nos primeiros anos de crescimento. A espécie *Melia azedarach*, foi introduzida em plantio misto com *Eucalyptus robusta*.

3.2.3 Cubagem e corte do material em laboratório

Após recebimento do material foi realizada a cubagem das toras para obtenção dos volumes com e sem casca, seguindo as recomendações de MACHADO; FIGUEIREDO FILHO (2006). Os volumes foram determinados a partir da metodologia proposta por Smalian, que utiliza os diâmetros ou as circunferências nas extremidades de cada seção e comprimento conforme segue.

$$V_{c/c-s/c} = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) \times l$$

Onde:

$V_{c/c-s/c}$: Volume da tora com ou sem casca (m³)

g_1 : área transversal na base da tora com ou sem casca (m)

g_2 : área transversal no topo da tora com ou sem casca (m)

l : comprimento da tora (m)

Para o volume total de cada árvore adotou-se:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Onde, V_1 , V_2 e V_n representam todas as toras de uma única árvore com ou sem casca. O volume de casca foi obtido pela diferença do volume com casca e volume sem casca.

O Incremento Médio Anual em diâmetro, foi determinado pela relação entre DAP e idade das espécies.

As toras mensuradas foram submetidas a um novo seccionamento, sendo gerados a partir de cada uma delas, 3 toretes de aproximadamente 0,80 m para continuidade do trabalho e processamento das partículas.

3.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

3.3.1 Análise anatômica

Para a descrição dos caracteres anatômicos foram utilizados os discos do DAP de todas as árvores coletadas, seguindo as recomendações de Coradin e Muniz (1992) e do IAWA (1989). Os discos foram seccionados de modo a obter corpos de prova com dimensões nominais de 1,5 x 1,5 x 2,0 cm, de regiões distintas no sentido radial: medula ou cerne, região intermediária e próxima a casca, para melhor representar os caracteres anatômicos. A descrição macroscópica foi efetuada nos discos e cubos pré cortados.

Em seguida, os corpos de prova foram submetidos à fervura para amolecimento e seqüencialmente foram efetuados os cortes histológicos nos planos transversal, tangencial e radial em micrótomo de deslize, com espessura de 28 µm. Os cortes foram clarificados e corados com safranina, sendo posteriormente desidratados em solução alcoólica progressiva e em acetato de butila.

Foram confeccionadas lâminas nas diferentes posições e utilizado um microscópio Olympus CX 40 para esta análise.

A Figura 10 demonstra parte da metodologia utilizada na descrição anatômica das espécies.

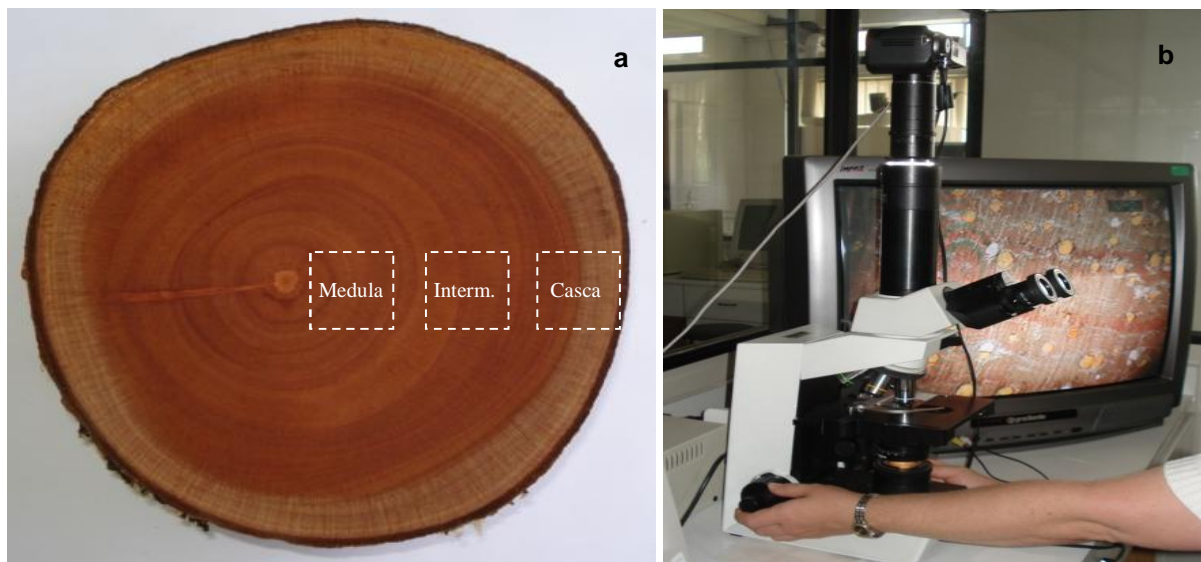


FIGURA 10 – METODOLOGIA UTILIZADA PARA DESCRIÇÃO DOS CARACTERES ANATÔMICOS

a) esquema de retira dos corpos de prova para confecção das lâminas; b) descrição das espécies em microscópio Olympus CX 40.

FONTE: A autora (2010)

3.3.2 Massa específica básica

Para a determinação da massa específica básica foram utilizados dois discos de cada torete, sendo um deles retirado na maior extremidade (ou extremidade inferior considerando o sentido longitudinal da árvore) e o outro próximo ao centro, conforme a Figura 11.

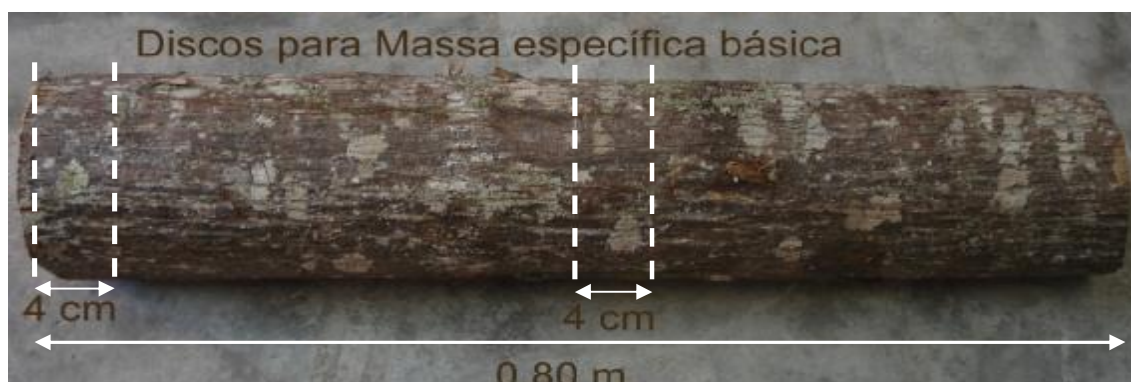


FIGURA 11 – ESQUEMA DE RETIRADA DOS DISCOS PARA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

FONTE: A autora (2010)

Em seguida os discos foram identificados e conduzidos a imersão em água, para obtenção e manutenção do estado de saturação até o descascamento. Os procedimentos referentes à coleta de dados do volume saturado e massa a 0% seguiram as recomendações da Norma Copant 461/1972.

A massa específica básica foi calculada utilizando a seguinte relação:

$$r_{básica} = \frac{P_{0\%}}{V_{saturado}}$$

Onde,

$r_{básica}$: Massa específica básica (g/cm³)

$P_{0\%}$: Peso seco em estufa a 103 ± 2° C (g)

$V_{saturado}$: Volume saturado (cm³)

3.3.3 Análise química

A amostragem para obtenção das propriedades químicas foi realizada após a geração de cavacos. Foi tomada uma quantidade suficiente de cavacos de forma a garantir representatividade de todo o material processado, seguindo as recomendações propostas na Norma TAPPI 257 cm-02. Posteriormente os cavacos foram secos naturalmente e transformados em serragem em moinho de martelo e seqüencialmente em moinho de facas tipo Wiley. As amostras foram classificadas em peneiras manuais, sendo utilizadas para a determinação dos componentes químicos, as frações que passaram na peneira de 40 *mesh* e ficaram retidas na peneira de 60 *mesh*, conforme a Norma TAPPI 264 cm-97.

Após a classificação foi determinado o percentual de material absolutamente seco a fim de efetuar as devidas correções durante a execução das análises.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química da Madeira da UFPR, com três repetições por amostra, e são apresentadas abaixo, juntamente com as respectivas normas.

- Solubilidade em Água Fria – TAPPI 207 cm-99
- Solubilidade em Água Quente – TAPPI 207 cm-99
- Solubilidade em Hidróxido de Sódio (NaOH) – TAPPI 212 om-02
- Extrativos em Etanol-tolueno – TAPPI 280 pm-99
- Extrativos Totais – TAPPI 204 om-88
- Teor de Lignina Insolúvel– TAPPI 222 om-88
- Materiais Inorgânicos ou Cinzas – TAPPI 211 om-93
- Teor de Holocelulose – determinado por diferença, incluindo o teor de cinzas.

Para a determinação do pH da madeira, foi efetuada adaptação da Norma TAPPI 252 om-02. Foram pesados 2g de serragem absolutamente seca, transferidas para erlenmeyer e mantidas sob fervura durante 1 hora em banho maria. As amostras foram esfriadas a temperatura ambiente (25°C). As medições de pH foram efetuadas em pHmetro digital após o intervalo de 2 e 24 horas.

A Figura 12 apresenta os equipamentos utilizados em algumas das análises químicas realizadas.



FIGURA 12 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES QUÍMICAS

a) Solubilidade em água fria; b) Solubilidade em NaOH; c) Extração em etanol; e) Extração em etanol-tolueno.

FONTE: A autora (2010)

3.3.4 Processamento das partículas

Os toretes com 0,80 m originados a partir do segundo seccionamento foram conduzidos ao Laboratório de Usinagem da Madeira para obtenção das peças com dimensões adequadas para processamento das partículas, conforme pode ser verificado na Figura 13 a e b. Após a obtenção dos blocos, o mesmos foram imersos em água por aproximadamente 3 dias para facilitar a geração dos cavacos com posterior remoção da casca. As partículas foram geradas em picador rotativo de 4 facas. Vale ressaltar que a espécie *Schizolobium parahyba*, devido provavelmente

às características da espécie, não permitiu a geração de cavacos em estado úmido, sendo necessário, efetuar secagem convencional a um teor de umidade entre 4 e 10%, anterior ao processamento.

O processo de secagem dos cavacos das demais espécies ocorreu em duas etapas. A primeira etapa consistiu na redução do teor de umidade inicial, sendo esta efetuada ao ar livre conforme pode ser visualizado no item c da Figura 13. A segunda etapa foi conduzida em estufa convencional com circulação de ar forçada, em aparato específico para secagem de partículas, a temperatura de 80°C por um período de 24 horas, resultando num teor de umidade final de aproximadamente 3%, base peso seco conforme demonstrado no item d da Figura 13. Após a secagem as mesmas foram conduzidas ao moinho martelo para redução de tamanho e obtenção das partículas tipo “*sliver*” (Figura 13 item e).

3.3.4.1 Granulometria das partículas

A classificação das partículas ocorreu por peneiramento em classificador automático, de acordo com a Figura 13 f. Foram utilizadas peneiras cujas granulometrias atendem as especificações da ASTM: ASTM 8; ASTM 14 e ASTM 30, que correspondem a 8, 14 e 30 *mesh* ou 2,36, 1,40 e 0,59 aberturas por mm, respectivamente. As partículas que passaram na peneira de 30 *mesh* foram classificadas como finos. Após a classificação, foi determinado o rendimento em partículas por granulometria e o material foi armazenado em embalagens plásticas para evitar a absorção da umidade do ambiente. Tanto os painéis homogêneos quanto os painéis multicamadas, foram manufaturados com as partículas classificadas entre as peneiras de 14 e 30 *mesh*. Antes da manufatura dos painéis foi efetuada nova verificação e conseqüentemente a manutenção do teor de umidade das partículas.



FIGURA 13 – PROCESSAMENTO DAS PARTÍCULAS

a) Seccionamento dos toretes; b) Esquema de corte para geração das partículas; c) Secagem natural das partículas; d) Secagem convencional das partículas; e) Moinho martelo – obtenção das partículas *sliver*; f) Classificação das partículas.

FONTE: A autora (2010)

3.3.4.2 Geometria das partículas

Para a determinação da geometria das partículas foram coletadas amostras classificadas nas peneiras de 8 e 14 *mesh*, destinadas a confecção dos painéis. As partículas foram mensuradas com paquímetro digital em relação ao seu comprimento, largura e espessura, totalizando 500 partículas por espécie.

O Índice de Esbeltez foi calculado pela relação comprimento e espessura das partículas e a Razão de Planicidade pela relação largura e espessura.

Embora alguns modelos matemáticos considerando rugosidade e porosidade da madeira tenham sido desenvolvidos por Hiziroglu (1996) e Bekhta e Hiziroglu (2002) para estimar a área superficial das partículas, neste trabalho a área superficial foi determinada utilizando as medidas de comprimento, largura e espessura e sua correspondente massa específica, conforme proposto por Moslemi (1974).

A disponibilidade de resina foi calculada adaptando-se a metodologia mencionada por Maloney (1970). Foi pesado 1 g de partículas (3 repetições), tomada sua área superficial correspondente e posteriormente estabelecido relação com a quantidade de resina aplicada por painel.

3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA RESINA

A qualidade da resina foi avaliada de acordo com a adaptação da Norma ASTM-D-1518-60:1994 e de procedimentos usuais. Os parâmetros avaliados resumiram-se no Teor de Sólidos, determinado após evaporação dos componentes voláteis em 1 g de resina após secagem em estufa a 105°C por 3 horas; a

viscosidade obtida em Viscosímetro Brookfield, o pH determinado pela medição direta em pHmetro, o tempo de gelatinização obtido pela máxima elasticidade da resina a 120°C, e a densidade da resina pela relação massa e volume.

3.5 MANUFATURA DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

3.5.1 Delineamento experimental

De acordo com os objetivos propostos neste estudo, o delineamento experimental é apresentado na Tabela 7.

Todos os tratamentos foram produzidos utilizando as condições abaixo especificadas e totalizando um número de 3 painéis por tratamento:

- Dimensões: 50,0 x 50,0 x 1,50 cm
- Resina Uréia Formaldeído (UF)
- Teor de sólidos da resina: 67,5%
- Teor de Sólidos da Parafina: 69%
- Teor de umidade das partículas: 2,83 - 3,48%
- Densidade nominal: 0,80 g/cm³
- Temperatura de prensagem: 160°C
- Pressão Específica: 40 kgf/cm²
- Tempo de Prensagem: 8 min

TABELA 7 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Tratamento	Composição	Espécie	Proporção (%)
T1 – Pt ¹	Homogêneo	<i>Pinus taeda</i>	100
T2 – Af	Homogêneo	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	100
T3 – Ma	Homogêneo	<i>Melia azedarach</i>	100
T4 – Gr	Homogêneo	<i>Grevillea robusta</i>	100
T5 - Sp	Homogêneo	<i>Schizolobium parahyba</i>	100
T6 - Tc	Homogêneo	<i>Toona ciliata</i>	100
T7 – Mix 5 sp ²	Homogêneo	(Mistura 5 espécies)	20% por espécie
T8 – Af/P/Af	Multicamada	<i>Acrocarpus/Pinus/Acrocarpus</i>	20-60-20
T9 – Ma/P/Ma	Multicamada	<i>Cinamomo/Pinus/Cinamomo</i>	20-60-20
T10 – Gr/P/Gr	Multicamada	<i>Grevillea/ Pinus/Grevillea</i>	20-60-20
T11 – Sp/P/Sp	Multicamada	<i>Schizolobium/Pinus/ Schizolobium</i>	20-60-20
T12 – Tc/P/Tc	Multicamada	<i>Toona/Pinus/Toona</i>	20-60-20
T13 – P/Af/P	Multicamada	<i>Pinus/Acrocarpus/Pinus</i>	20-60-20
T14 – P/Ma/P	Multicamada	<i>Pinus/Melia/Pinus</i>	20-60-20
T15 – P/Gr/P	Multicamada	<i>Pinus/Grevillea/Pinus</i>	20-60-20
T16 – P/Sp/P	Multicamada	<i>Pinus/Schizolobium/Pinus</i>	20-60-20
T17 – P/Tc/P	Multicamada	<i>Pinus/Toona/Pinus</i>	20-60-20
T18 – P/Mix 5 sp/P ³	Multicamada	<i>Pinus/Mistura 5 espécies/Pinus</i>	20-60-20

NOTAS: Homogêneo: painel produzido em uma camada, com partículas de uma espécie ou em mistura; Multicamada: Painéis produzidos em três camadas e com pelo menos duas espécies; ¹ Testemunha; ² T7: Mistura de *Acrocarpus*, *Melia*, *Grevillea*, *Schizolobium* e *Toona*, na proporção de 20% por espécie; ³ T18: a camada interna deste tratamento é composta por 12% de cada espécie : *Acrocarpus*, *Melia*, *Grevillea*, *Schizolobium* e *Toona*.

3.5.2 Produção dos painéis de madeira aglomerada

Após a manutenção do teor de umidade das partículas, as mesmas foram separadas por painel e por tratamento para aplicação da parafina e do adesivo conforme Figura 14 a.

A aplicação da parafina e do adesivo ocorreu por aspersão em encoladeira rotativa dotada de um copo dosador (Figura 14 b).

Após esta etapa, o colchão foi formado em caixa formadora com dimensões de 50 x 50 cm, com posterior aplicação de pré-prensagem manual para melhor acomodação das partículas, conforme pode ser visualizado na Figura 14 itens c e d.

O colchão foi conduzido à prensa, cujos parâmetros de prensagem estão descritos no item 3.5.1. Esta etapa do processo é ilustrada na Figura 14 e f.

3.5.3 Climatização dos painéis

Após a manufatura dos painéis, os mesmos foram conduzidos a câmara de climatização com condições ambientais controladas ($20\pm 3^{\circ}\text{C}$ e $65\pm 5\%$ UR), até a atingirem umidade de equilíbrio nestas condições.

3.6 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

3.6.1 Confeção dos corpos de prova

Antes da confecção dos corpos de prova, os painéis foram esquadrejados, eliminando-se 3 cm de cada uma das extremidades. Vale ressaltar que durante a prensagem, ocorreu um pequeno escoamento onde os painéis atingiram dimensões de até 54 x 54 cm. A dimensão final foi de 48 x 48 cm.



FIGURA 14 – PRODUÇÃO DOS PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

a) Separação das partículas; b) Encoladeira rotativa; c) Formação do colchão; d) Colchão formado; e) Prensagem do painel; f) Abertura da prensa com painel consolidado.

FONTE: A autora (2010)

A confecção dos corpos de prova para avaliação da qualidade dos painéis seguiu o esquema de corte apresentado na Figura 15.

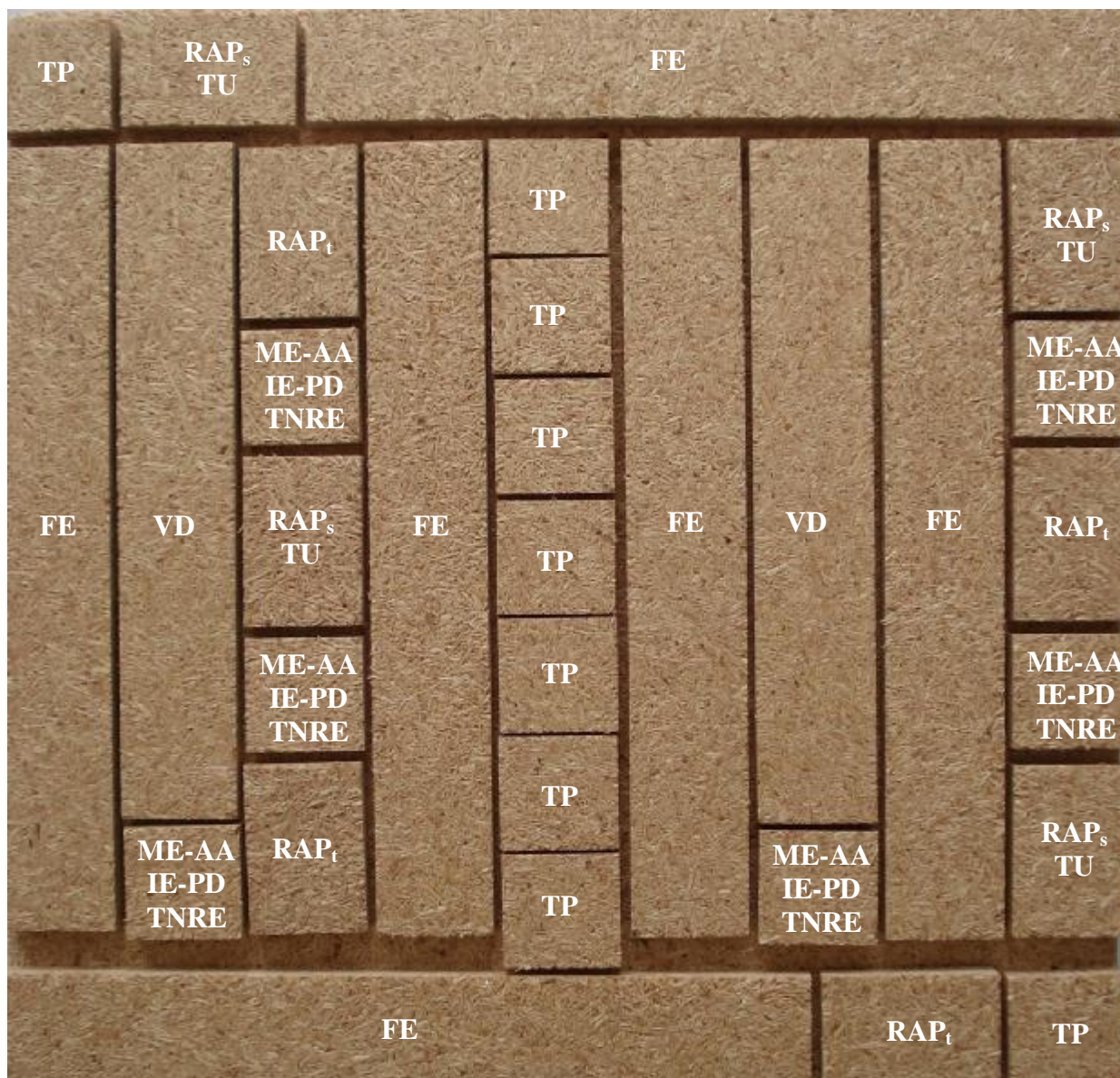


FIGURA 15 – ESQUEMA DE CORTE PARA DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

NOTAS: FE: Flexão Estática; TP: Tração Perpendicular; ME: Massa Específica Aparente; AA: Absorção de Água; IE: Inchamento em Espessura; PD: Perfil de Densidade; TNRE: Taxa de Não Retorno em Espessura; RAP_t: Resistência ao Arrancamento de Parafuso no topo; RAP_s: Resistência ao Arrancamento de Parafuso na superfície; TU: Teor de Umidade; VD: Variações Dimensionais associadas a variações na umidade relativa.

FONTE: A autora (2010)

As etapas de esquadrejamento e confecção dos corpos de prova para avaliação da qualidade dos painéis é demonstrado na Figura 16 a, b.

Após a confecção dos corpos de prova, os mesmos retornaram a câmara climática para manutenção da umidade equilíbrio nas condições estipuladas, conforme pode ser visualizado na Figura 16 c e d, para posterior ensaio.



FIGURA 16 – CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E CLIMATIZAÇÃO

a) Esquadrejamento dos painéis; b) Confecção dos corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos; c e d) Climatização dos corpos de prova.

FONTE: A autora (2010)

3.6.2 Determinação das Propriedades Físicas

As propriedades físicas foram determinadas e avaliadas de acordo com as seguintes normas:

- Massa Específica Aparente – EN 323:2002
- Absorção de Água – EN 317:2002
- Inchamento em Espessura – EN 317:2002
- Teor de Umidade – EN 322:2002
- Variações dimensionais associadas a variações na umidade relativa – EN 318:2002
- Taxa de Não Retorno em Espessura (*Springback* ou inchamento residual)
Determinado após saturação, secagem e climatização a 12%.
- Perfil de Densidade

O Perfil de Densidade foi determinado em equipamento de medição de densidade de Raio X (DPX 200 IMAL) integrado a uma balança de precisão e a um dispositivo para análise dimensional. Os corpos-de-prova foram colocados em um suporte localizado no interior do equipamento, o qual possui velocidade máxima de deslocamento de 0,5 mm/s. A leitura de densidade das amostras foi efetuada ponto a ponto através de bloqueios de Raio X.

3.6.3 Determinação das Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas avaliadas encontram-se descritas abaixo, juntamente com as respectivas normas.

- Flexão Estática – EN 310:2002
- Tração Perpendicular à Superfície do Painel – EN 319:2002
- Resistência ao Arrancamento de Parafuso no topo e na superfície – NBR 14810:2006

Os valores experimentais foram comparados com as especificações propostas pela Norma EN 312:2003 e NBR 14810-2:2006.

A Figura 17 ilustra a caracterização física e mecânica dos painéis produzidos.



FIGURA 17 – ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS

a) Massa específica aparente ; b) Mudanças dimensionais associadas a mudanças na umidade relativa; c) Perfil de densidade; d) Flexão Estática; e) Tração Perpendicular; f) Resistência ao Arrancamento de Parafuso.

FONTE: A autora (2010)

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após o encerramento da fase experimental, foi efetuado tratamento estatístico em cada conjunto de dados a fim de verificar a existência de diferença estatística em cada um deles. As análises foram divididas em análises inerentes as propriedades da madeira e características que influenciam de alguma maneira as propriedades dos painéis e análise das propriedades dos painéis. A análise das propriedades dos painéis foi efetuada em duas partes: análise dos tratamentos homogêneos (T1 a T7) e análise dos tratamentos produzidos em camadas (T8 a T18, com inclusão do T1 como testemunha).

Para algumas variáveis de resposta foi necessário efetuar transformação matemática, já que as mesmas não apresentaram homogeneidade de variância. As variáveis transformadas foram: massa específica da madeira, índice de esbeltez, Razão de planicidade, Área superficial específica, razão de compactação (para painéis multicamadas), absorção de água, inchamento em espessura e taxa de não retorno em espessura (painéis homogêneos e painéis multicamadas). As funções matemáticas utilizadas foram: Logaritmo, Raiz quadrada e arco tangente.

Para avaliar a ocorrência de *outliers*, foi aplicado o teste de Grubbs, onde a maioria das variáveis não apresentou valores dispersos. Os casos que apresentaram foram avaliados minuciosamente, mas nenhum conjunto de dados demonstrou-se insatisfatório, violando o pressuposto de Grubbs que afirma que não mais que 15% dos valores podem ser rejeitados. As características que derivaram da geometria das partículas foram as que manifestaram maior dispersão, devido a alta variabilidade de tamanhos.

Para testar a aderência dos dados à distribuição normal, utilizou-se o Teste de Kolmogorov Smirnov. Obteve-se a normalidade para todas as variáveis de resposta dos tratamentos avaliados, exceto para a variável massa específica básica da

madeira que após todas as transformações possíveis não atendeu a este requisito. Considerando que o conjunto de dados para esta variável satisfaz o Teste de Bartlett, e que, segundo Paes (2009), devido a robustez dos testes paramétricos, resultados são válidos mesmo quando há pequenos desvios da normalidade, procedeu-se as demais análises eliminando a hipótese de utilização da estatística não paramétrica. Situação similar foi encontrada por Melo, Coradin e Mendes (1990) que avaliando a massa específica de 180 espécies de madeiras da Amazônia coletadas em diferentes regiões, após tabulação dos dados em seis diferentes intervalos de classes de igual amplitude verificaram que as frequências das amostras não se apresentaram numa forma normal de distribuição, sendo necessário a otimização dos parâmetros estatísticos e a alteração dos intervalos de classe.

A homogeneidade de variâncias foi testada por meio do Teste de Bartlett. Verificou-se que todas as variâncias das amostras analisadas, associadas às variáveis de respostas e provenientes dos diferentes tratamentos, apresentaram-se homogêneas.

Após ser comprovada a existência de homogeneidade de variâncias, foi aplicada a Análise de Variância. Foi aplicada também a Análise de Covariância, tendo em vista a heterogeneidade de densidade e sua influência sobre as propriedades.

Havendo rejeição da hipótese de igualdade, foi aplicado o Teste de Tukey para comparação de médias.

Todos os testes foram aplicados ao nível de 95% de significância, e o programa estatístico utilizado para a análise foi o *Statgraphics Centurion XV*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E VOLUMÉTRICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

As características dendrométricas e a potencialidade volumétrica das espécies utilizadas nesta pesquisa são apresentadas na Tabela 8.

Pode-se verificar que em relação à altura total, a espécie que apresentou maior desempenho e menor variabilidade quanto a esta característica foi o *Acrocarpus fraxinifolius*, o qual não difere estatisticamente da *Melia azedarach* e do *Schizolobium parahyba*. O menor desempenho em altura foi apresentado pela *Toona ciliata*, assim como a maior variabilidade de indivíduos amostrados.

Em relação à altura comercial, esta variável seguiu a tendência apresentada pela variável altura total, com exceção do *Schizolobium parahyba* que deixou de compor o grupo homogêneo superior e passou a integrar o grupo intermediário.

De acordo com Brum (1979), a altura pode ser considerada como o melhor parâmetro dendrométrico, refletindo as condições ambientais, condições nutricionais, densidade de povoamento, competição entre árvores e fatores genéticos. Cardoso (1989) complementa que o crescimento em altura pode ser considerado como o indicador mais consistente e prático da qualidade de sítios florestais. Além disso, a variável altura apresenta alta correlação com a produção volumétrica (BRUM, 1979; LOUREIRO, 1986; CARDOSO, 1989).

Para a variável DAP, a *Melia azedarach* e o *Schizolobium parahyba* apresentaram-se superiores as demais espécies estudadas. A importância do diâmetro das árvores se deve ao fato de ser uma variável de fácil obtenção e fornecer a base para muitos outros cálculos (LOESTCH; HALLER, 1973), além de ser bem correlacionada com outras variáveis importantes, tais como volume e

TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DE DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO, ALTURA TOTAL, ALTURA COMERCIAL, VOLUME COM CASCA, VOLUME SEM CASCA E PERCENTUAL DE CASCA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Espécie	HT ¹		HC ²		DAP ³		IMAd ⁴		Vc/c ⁵		Vs/c ⁶		% casca ⁷	
	Média (m)	CV (%)	Média (m)	CV (%)	Média (cm)	CV (%)	Média (cm/ano)	CV (%)	Média (m ³)	CV (%)	Média (m ³)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	22,74 a	7,81	15,98 a	7,09	21,68 ab	12,48	1,11 bc	12,74	0,26 ab	31,91	0,25 ab	28,53	6,78 b	1,12
<i>Melia azedarach</i>	22,36 a	19,76	15,54 a	6,43	24,19 a	17,84	1,31 ab	17,68	0,32 a	29,00	0,29 a	29,52	8,19 b	1,35
<i>Grevillea robusta</i>	13,78 bc	9,63	7,92 c	11,17	21,52 ab	10,89	1,12 bc	10,87	0,16 bc	23,66	0,13 bc	24,41	13,98 a	1,77
<i>Schizolobium parahyba</i>	18,14 ab	11,48	12,63 b	10,22	23,11 a	14,29	1,49 a	14,37	0,26 ab	33,78	0,24 ab	33,88	7,50 b	1,99
<i>Toona ciliata</i>	10,74 c	20,21	5,86 c	37,94	15,85 b	19,18	0,92 c	19,29	0,07 c	43,45	0,06 c	44,28	9,00 b	2,83
F	20,72*		53,15*		5,02*		7,24*		9,75*		10,53*		13,58*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de confiança; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Altura Total; ² Altura Comercial; ³ Diâmetro na Altura do Peito; ⁴ Incremento Médio Anual em diâmetro; ⁵ Volume médio com casca; ⁶ Volume médio sem casca; ⁷ Percentual de casca; CV: Coeficiente de Variação.

FONTE: A autora (2010)

qualidade de produção, e ainda, possibilitar a predição implícita do rendimento (BARTOSZEK, 2000).

Em referência ao IMAd, verifica-se que a espécie que apresentou maior incremento médio foi a *Schizolobium parahyba*, explicado muito provavelmente, pelas boas condições de adaptação, ocorrendo o contrário com a *Toona ciliata*. O incremento médio proporciona informações importantes quanto ao crescimento e produtividade de um povoamento florestal e sua uniformidade apresenta um considerável efeito sobre a estrutura da madeira e a variação da massa específica.

Considerando a variável volume, a espécie que apresentou maior produção volumétrica com e sem casca foi a *Melia azedarach*, distinguindo-se das demais. A espécie com menor potencial volumétrico, bem como, com maior variabilidade para estas duas características foi a *Toona ciliata*. Segundo Conceição (2004), o volume pode ser considerado uma das principais características para se avaliar o potencial de uma floresta, podendo ser estimado com certa facilidade e acuracidade, através de medições de diâmetro e altura.

Comparando estas espécies com espécies tradicionalmente utilizadas pelas indústrias de painéis de madeira aglomerada (*Pinus taeda* e *Pinus spp.*), é possível observar que as espécies utilizadas nesta pesquisa apresentam uma produtividade bastante inferior. Esta diferença de produtividade pode ser evidenciada considerando estudos conduzidos pelo LTM (2009) com espécies de *Pinus*, também com uma média de 18 anos de idade, os quais demonstraram um potencial volumétrico de 0,6 m³ (volume médio sem casca, por árvore) para o *Pinus taeda*. Para esta mesma espécie com 11 anos de idade, em mesmas condições de crescimento, Mendes (2001) obteve um volume de 0,34 m³ sem casca, sendo superior às espécies deste estudo, porém com uma diferença de 7 anos.

Em virtude destes resultados e considerando que o crescimento e a produção de um povoamento são definidos principalmente pela idade, capacidade produtiva, adaptabilidade da espécie nas suas diferentes formas e manejo (COUTO; BASTOS;

LACERDA, 1989), é possível explicar parte de tais discrepâncias volumétricas por três dos fatores mencionados pelos autores acima.

O primeiro fator resume-se na capacidade produtiva, que aqui é considerada como inerente a espécie. Diferentes espécies possuem diferentes estruturas anatômicas gerando características de crescimento e de produção de madeira diferenciadas.

O segundo fator refere-se às práticas silviculturais e de manejo, onde estes plantios não foram submetidos a estas técnicas, exceto uma poda para o *Acrocarpus*, quando este apresentava baixa idade. Embora a poda atue como uma técnica de diminuição e reajuste no crescimento, tendo por consequência a produção de madeira livre de nós, o efeito do desbaste é contrário. O principal efeito do desbaste é estimular o crescimento em diâmetro das árvores remanescentes (DIAS, 2000), proporcionado pelo aumento do espaço vital e pela maior disponibilidade de luz e nutrientes (GLUFKE; FINGER; SCHNEIDER, 1997) e conseqüentemente aumentar o volume. Schneider, Finger e Cozer (1991) complementam os benefícios do desbaste mencionando que esta técnica eleva a produtividade comercial dos sortimentos com o aumento da dimensão das toras. Desta forma, a aplicação destas técnicas poderia ter contribuído positivamente para o aumento do crescimento destas espécies e conseqüentemente para o volume médio final.

O terceiro fator refere-se à adaptabilidade das espécies, sendo possível estabelecer alguns pontos que podem ter exercido influência sobre o crescimento. Considerando as condições ambientais do local, altitude de 75m, clima subtropical, temperatura média variando de 15° a 25°C e precipitação anual de 1200 a 1600 mm e as informações disponíveis sobre estas espécies, é possível afirmar que o *Acrocarpus fraxinifolius* apresentou boa adaptação quanto ao clima devido à similaridade entre a região de ocorrência natural e a região do plantio experimental. Em fase inicial, esta espécie demonstrou elevado crescimento com 7,65 m de altura e 11,4 cm de diâmetro aos 1,5 anos (HIGA; PRADO, 1998), no entanto, é provável

que devido à falta de intervenções silviculturais e de manejo teve seu crescimento estagnado, divergindo das informações relatadas por Whitmore e Otarola (1976), a respeito de seu grande porte. Em relação aos resultados apresentados pela *Melia azedarach*, é possível afirmar seu bom desenvolvimento tendo em vista informações relatadas por Santos (1987) e Hoppe, Schneider e Dallago (1991). Vivian, Farias e Hoppe (2005), confirmaram sua elevada adaptação, e Martinez (2002), mencionou que possivelmente o alto grau de adaptação na Região Sul, refere-se ao fato de que a *Melia azedarach* é uma espécie bastante adaptada à climas mais frios. A respeito da *Grevillea robusta*, embora tenha se adaptado ao clima da região, a mesma não apresentou crescimento vigoroso. Okorio e Peden (1992) e Martins (2000) citaram que a velocidade de crescimento é inversamente proporcional a altitude, entretanto, este fato não pode ser observado, já que a altitude do povoamento é relativamente baixa e a espécie demonstrou características de altura e DAP inferior (13,78 m e 21,52 cm respectivamente) quando comparado com povoamento de 20 anos a uma altitude de 2.160 m (23,5 m e 27,1 cm). Considerando as condições descritas por Carvalho (2003, 2005), o *Schizolobium parahyba* encontrou boas condições de crescimento no local de plantio. Embora o crescimento em altura possa ser considerado muito bom, o crescimento em diâmetro não é tão satisfatório quando comparado com LIMA *et al.*, (2000). Em relação à *Toona ciliata*, observa-se que a mesma não apresentou boa adaptação no local. Um dos fatores que pode ter contribuído ao seu baixo desempenho refere-se a altitude, onde Lamprecht (1990), mencionou que altitudes adequadas são de 100 a 1.500 m. Um segundo fator a ser citado é a ocorrência de geadas na região, o qual pode ser responsável pelo alto índice de mortalidade de indivíduos. Segundo Dordel e Simard (2009), esta espécie exige certo grau de proteção contra a geada, nos seus primeiros anos de crescimento, sendo recomendada associação com outras espécies, principalmente com eucalipto. Ainda, seu crescimento pode ter sido prejudicado pela deficiência de nutrientes, já que a mesma não se desenvolve em solos pobres e requer uma adubação no plantio mais duas ou três durante o crescimento (BOLETIM FLORESTAL, 2008), o qual não foi efetuado no experimento em questão.

Em relação à variável casca, a espécie que apresentou maior percentual foi a *Grevilea robusta*. As demais espécies apresentaram valores médios estatisticamente iguais. De acordo com Bowyer, Shmulsky e Haygreen (2003), o volume da casca depende da espécie, diâmetro da tora e espessura da casca. Além disso, estes autores relatam que apesar da espessura da casca diminuir com o aumento da altura, a proporção da casca geralmente aumenta com o aumento da altura. Harkin e Rowe (1971) mencionaram que para espécies como *Spruce*, *White birch*, *Yellow birch*, *Beech* e *Sugar maple* os volumes de casca variam de 6,1 a 18%.

4.2 PROPRIEDADES DA MADEIRA

4.2.1 Descrição anatômica das espécies

Em vista da importância que a espécie e suas características apresentam sobre as propriedades dos painéis de madeira reconstituída, é apresentada a seguir uma descrição anatômica geral de cada uma das espécies utilizadas.

4.2.1.1 *Acrocarpus fraxinifolius*

Cerne e alburno distintos, cor variando do bege claro ao rosado, opaca, anéis de crescimento distintos, grã regular e textura média. Porosidade difusa, vasos solitários predominantemente e geminados, sem obstrução. Parênquima axial vasicêntrico confluyente e aliforme confluyente. Raios estreitos, heterogêneo multisseriado, com células marginais quadradas, em média 18 na altura e 3 na largura. Fibras de média espessura, sem septos, e sem presença de estratificação.

A Figura 18 ilustra a estrutura anatômica desta espécie.

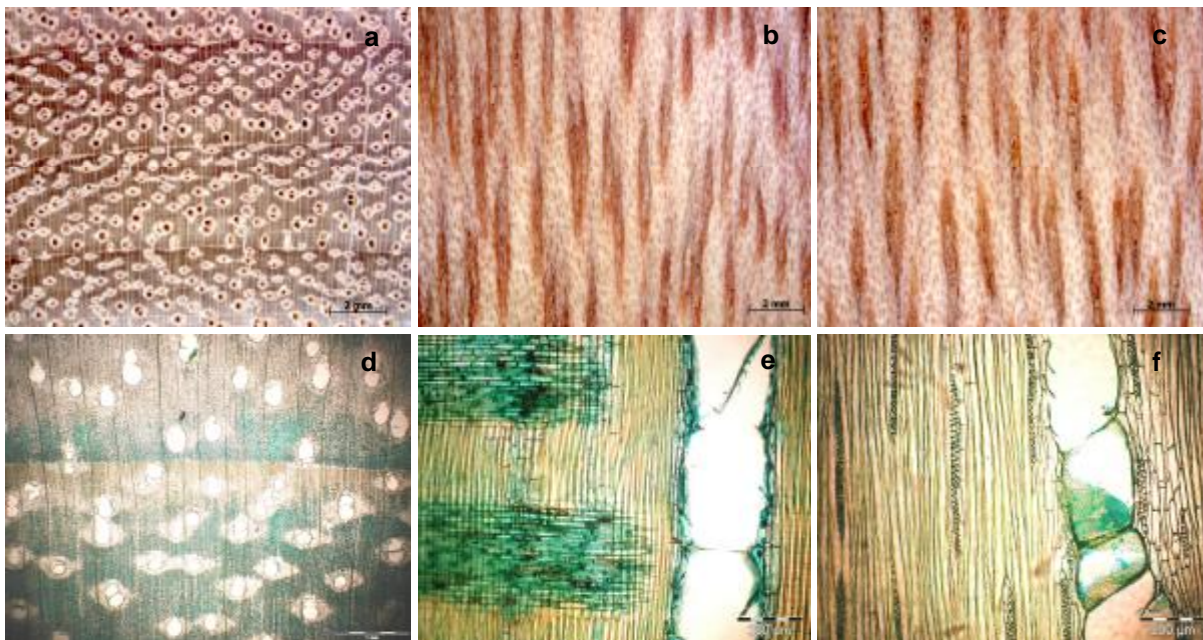


FIGURA 18 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Acrocarpus fraxinifolius*
a, b, c) Fotos macroscópicas; d, e, f) Fotos microscópicas nos planos transversal, radial e longitudinal respectivamente.

FONTE: A autora (2010)

4.2.1.2 *Melia azedarach*

Cerne e alburno distintos, cor variando entre castanho claro e castanho avermelhado, brilhante, anéis de crescimento distintos, demarcados pelos anéis de crescimento, grã regular e textura média a fina. Porosidade em anel, porosos e semi-porosos, solitários e múltiplos, obstruídos por óleo-resina. Parênquima axial vasicêntrico confluyente, em faixas e marginal. Raios estreitos a largos, heterogêneo multisseriado com células eretas e quadradas, em média 18 na altura e 3 na largura. Fibras espessas, sem septos, e sem presença de estratificação.

A Figura 19 apresenta as características da estrutura anatômica da *Melia azedarach*.

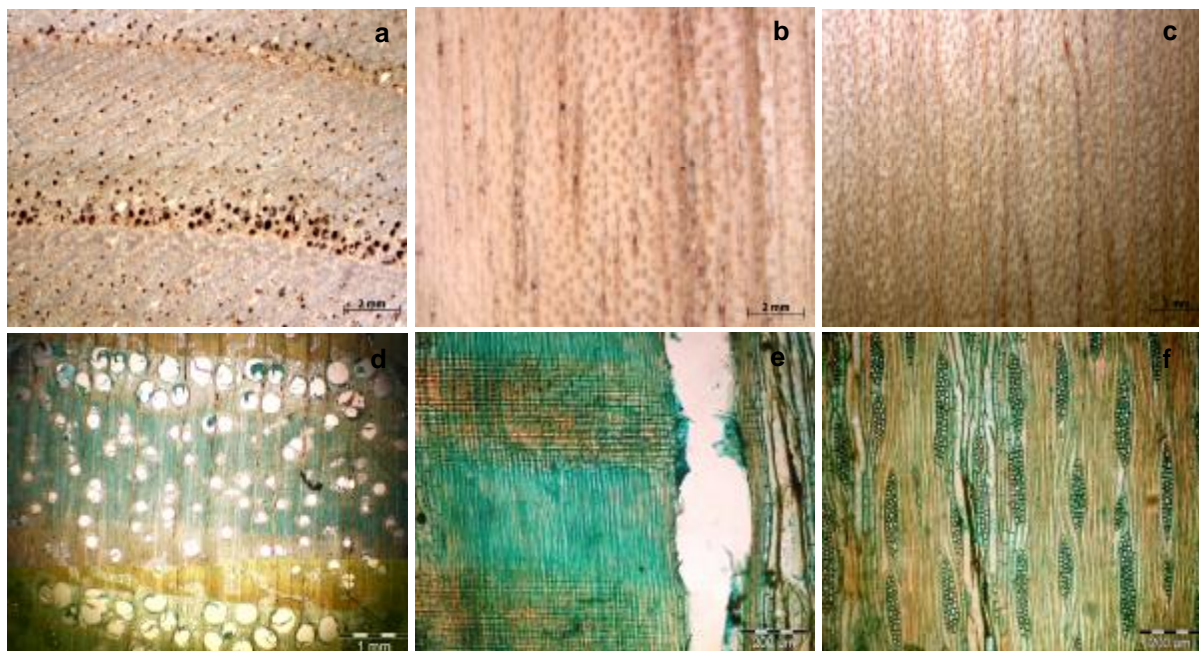


FIGURA 19 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Melia azedarach*

a, b, c) Fotos macroscópicas; d, e, f) Fotos microscópicas nos planos transversal, radial e longitudinal respectivamente.

FONTE: A autora (2010)

4.2.1.3 *Grevillea robusta*

Cerne e alburno distintos, cor variando do rosado ao castanho claro, levemente brilhante, anéis de crescimento indistintos, grã regular e textura média. Porosidade difusa, vasos solitários e múltiplos em arranjo tangencial, sem obstrução. Parênquima axial em faixas, escalariforme. Raios extremamente largos, heterogêneo multisseriado, com de altura entre 30 e 60 células e 10 a 15 de largura. Fibras espessas, não septadas e estrutura não estratificada.

A Figura 20 demonstra os aspectos anatômicos referentes a esta espécie.

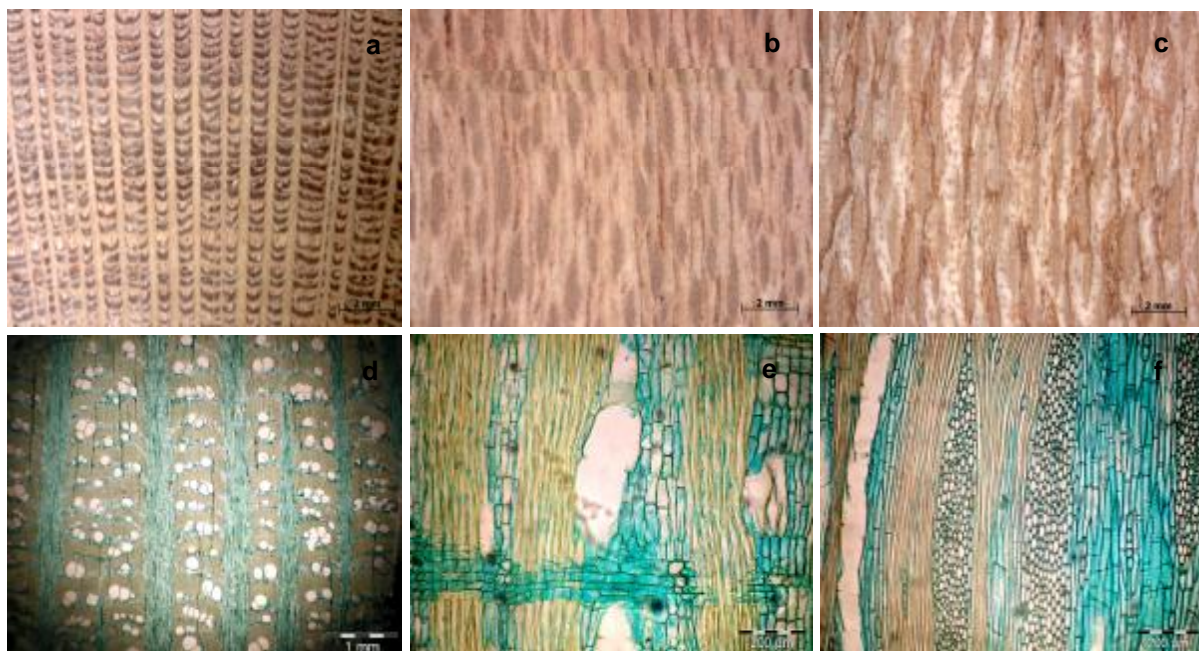


FIGURA 20 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Grevillea robusta*

a, b, c) Fotos macroscópicas; d, e, f) Fotos microscópicas nos planos transversal, radial e longitudinal respectivamente.

FONTE: A autora (2010)

4.2.1.4 *Schizolobium parahyba*

Cerne e alburno indistintos, cor branco palha com nuances amarelado ou rosado, levemente brilhante, anéis de crescimento distintos, grã irregular e textura grossa. Porosidade difusa, vasos predominantemente solitários, com ocorrência de geminados e múltiplos radiais, sem obstrução. Parênquima axial vasicêntrico. Raios estreitos, multisseriado heterogêneo, em média 13 na altura e 3 na largura. Fibras delgadas a muito delgadas e sem a presença de septos.

A Figura 21 apresenta as características anatômicas da espécie.

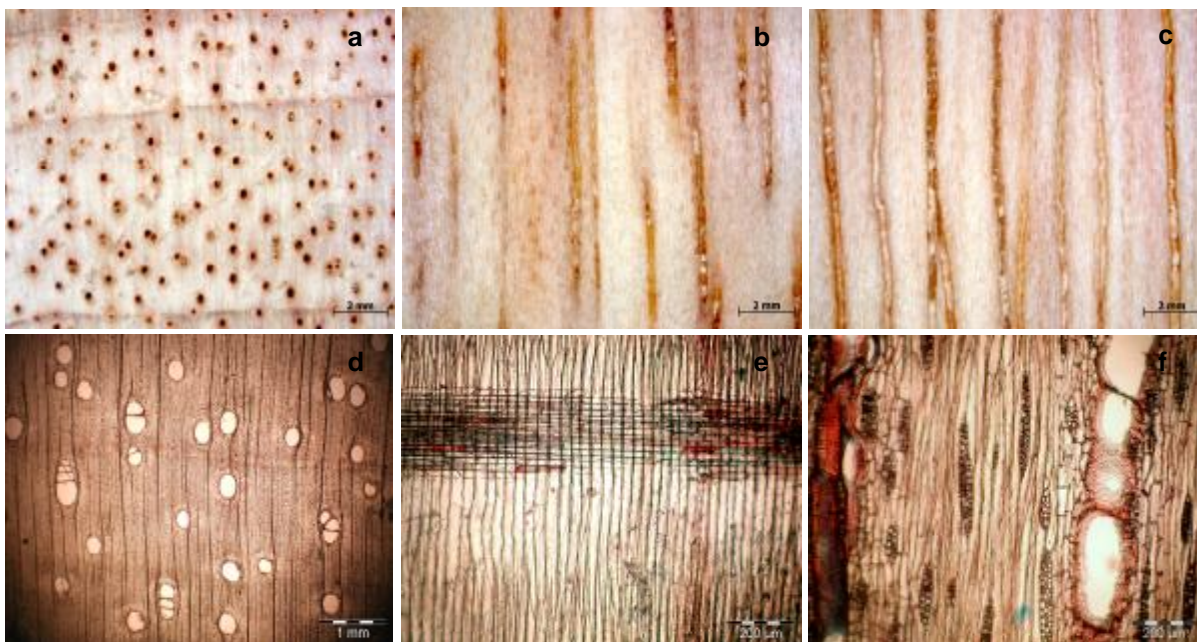


FIGURA 21 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Schizolobium parahyba*
a, b, c) Fotos macroscópicas; d, e, f) Fotos microscópicas nos planos transversal, radial e longitudinal respectivamente.

FONTE: A autora (2010)

4.2.1.5 *Toona ciliata*

Cerne e albarno distintos, cor variando do castanho avermelhado ao castanho rosado, sem brilho, anéis de crescimento distintos, grã regular e textura média a fina. Porosidade em anel semi-poroso, vasos solitários e geminados, sem obstrução. Parênquima axial escasso e unilateral. Raios estreitos e médios, heterogêneo multisseriado, constituído de células procumbentes e células marginais quadradas, em média 14 na altura e 3 na largura. Fibras com parede delgada a grossa, sem septos e estrutura não estratificada.

A Figura 22 demonstra a estrutura anatômica da espécie *Toona ciliata*.

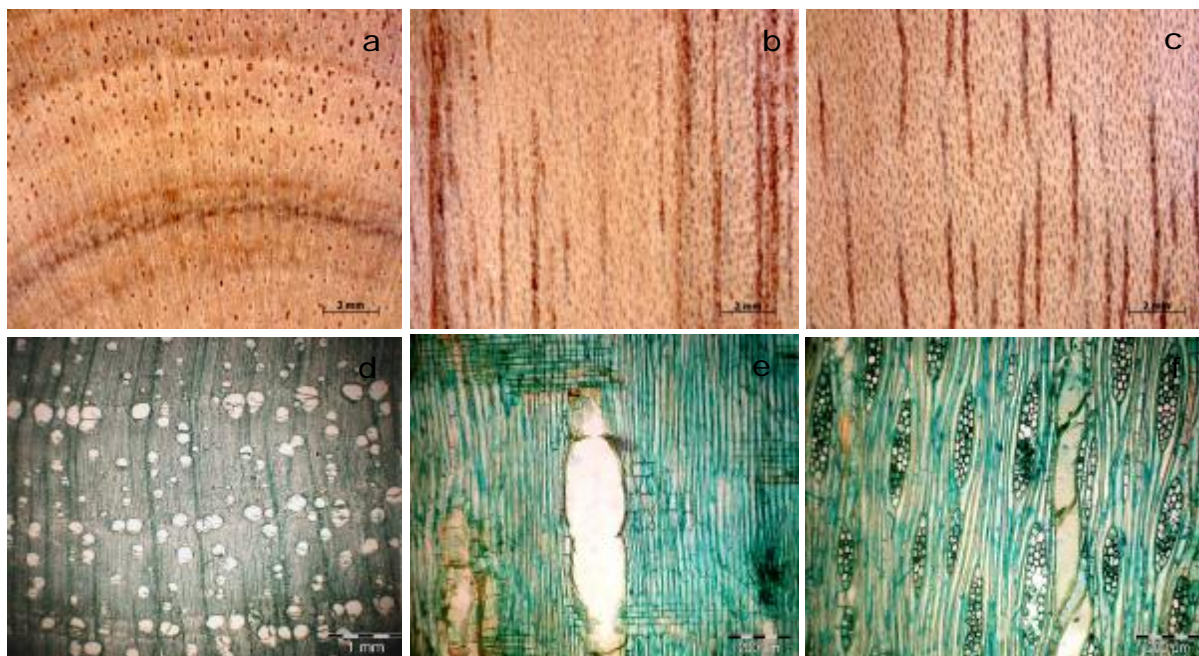


FIGURA 22 – ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Toona ciliata*

a, b, c) Fotos macroscópicas; d, e, f) Fotos microscópicas nos planos transversal, radial e longitudinal respectivamente.

FONTE: A autora (2010)

Embora a colagem de painéis particulados esteja muito mais relacionada ao volume de partículas por peso, a disponibilidade de resina e a presença de extrativos, é possível mencionar que, em virtude da estrutura anatômica apresentada pelas espécies, as mesmas podem apresentar bom desempenho quanto a colagem devido a porosidade e permeabilidade, favorecendo a mobilidade e penetrabilidade do adesivo. Relata-se ainda que a *Grevillea robusta* devido a elevada quantidade de parênquima radial, conforme Figura 20 f, pode implicar em uma colagem deficiente.

Outro fator correlacionado a anatomia, e que afeta a adesão, refere-se às partículas geradas. As espécies, devido ao arranjo dos tecidos e a ocorrência dos elementos anatômicos em diferentes proporções e dimensões, apresentam grandes diferenças estruturais (TSOUMIS, 1991), as quais afetam o processamento e geram partículas de geometrias variadas. Pode-se verificar na Figura 23 que devido as diferenças na estrutura anatômica, diferentes tipos e tamanhos de partículas foram

obtidas. Para a espécie *Schizolobium parahyba*, vale ressaltar que além da estrutura anatômica, a forma de processamento do material (processamento em estado seco, diferentemente das demais) exerceu influência sobre a geometria obtida.

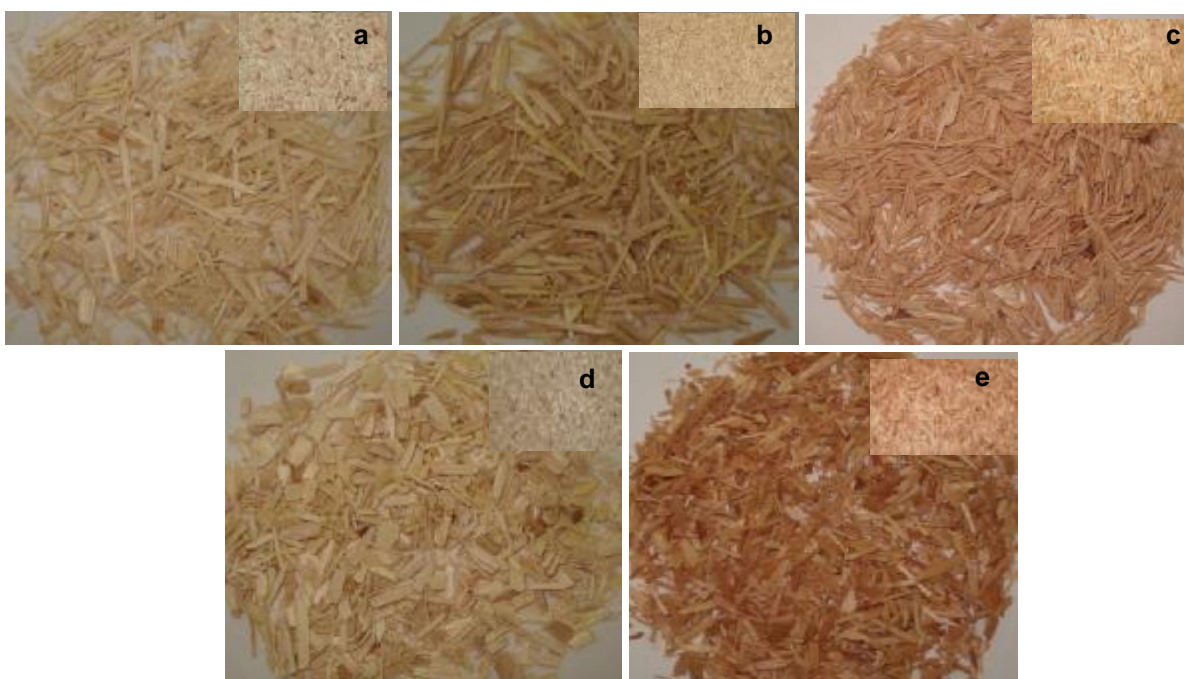


FIGURA 23 – CARACTERÍSTICAS DAS PARTÍCULAS GERADAS

a) Partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*; b) Partículas de *Melia azedarach*; c) Partículas de *Grevillea robusta* d) Partículas de *Schizolobium parahyba*; e) Partículas de *Toona ciliata*.

FONTE: A autora (2010)

4.2.2 Massa Específica Básica

Os valores médios obtidos para a propriedade massa específica básica da madeira são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DA MADEIRA

Espécie	Massa Específica Básica (g/cm³)	CV (%)
<i>Pinus taeda</i>	0,496 ¹ a	4,43
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	0,458 b	5,82
<i>Melia azedarach</i>	0,488 a	4,05
<i>Grevillea robusta</i>	0,494 a	5,62
<i>Schizolobium parahyba</i>	0,264 d	6,59
<i>Toona ciliata</i>	0,373 c	4,91
F		754,56*

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; ¹ Valor médio obtido a partir de informações e amostras cedidas pela Berneck S.A.

FONTE: A autora (2010)

De acordo com Melo, Coradin e Mendes (1990), os valores de massa específica encontrados para as espécies em estudo podem ser classificadas como leve ou baixa massa específica.

Estes valores encontram-se adequados para a produção de painéis de madeira aglomerada, onde Maloney (1993), afirmou que espécies de madeira com massa específica até 0,55 g/cm³, são as mais recomendadas para a produção de painéis de partículas, uma vez que garantem boa razão de compactação.

Segundo Keinert Jr. (1980) a massa específica é um importante parâmetro que determina a utilização de determinada espécie para um determinado produto. Especificamente na indústria de painéis, a massa específica fornece informações importantes sobre o volume de material utilizado, sobre a razão de compactação e sobre as propriedades do painel.

Além disso, os valores obtidos para estas espécies apresentam similaridade com valores encontrados na literatura, onde, para o *Acrocarpus*, Prado *et al.*, (2003); encontraram 0,44 g/cm³ e HONORATO *et al.*, (2005) 0,50 g/cm³; para a *Melia*

azedarach os valores obtidos foram de 0,43 g/cm³ (PÊGAS, 2007), 0,40 a 0,50 g/cm³ (PÉREZ *et al.*, 2003), 0,47 g/cm³ (CHEN, 1962), 0,49 g/cm³ (USDA, 1994), 0,52 g/cm³ (CARPANEZZI *et al.*, 1988), 0,52 g/cm³ (BOBADILLA, 2004) e 0,55 g/cm³ (VENSON, 2003). Para a *Grevillea*, massas específicas de 0,53 g/cm³ foram obtidos por Pereira, Schaitza e Baggio, (2000), e 0,57 g/cm³ por CATIE (1986). Em relação aos valores encontrados para o *Schizolobium parahyba* pode-se citar pesquisas conduzidas por Andrade e Carvalho (1980) com 0,24 g/cm³; por Salgado *et al.* (1989), com 0,30 g/cm³ ; por Lorenzi (1992) com 0,32 g/cm³, por Ricther, Tomaselli e Moreschi (1974) com 0,32 g/cm³, Bortoletto Jr e Belini (2002) com 0,39 g/cm³ e por Reitz, Klein e Reis (1979) com variação de 0,30 a 0,40 g/cm³. Para a *Toona ciliata* a literatura indica valores de massa específica de 0,31 g/cm³ segundo Ziech (2008), e 0,46 de acordo com o Boletim Florestal (2008).

As diferenças encontradas entre os valores obtidos e os apresentados pelos autores citados podem ser justificadas em virtude de diferentes idades, variedades, sítios, condições de crescimento e métodos de ensaio.

4.2.3 Química da madeira

Considerando a importância e a influência dos constituintes químicos da madeira sobre as propriedades, produtos e processos (BROWING, 1963; HILLIS; BROWN, 1978; FENGEL; WEGENER, 1989; SJÖSTRÖM, 1981; SAKA, 1993; HON; SHIRAIISHI, 2000; ANDRADE, 2006; DIAS, 2008), os valores médios obtidos a partir da análise química quantitativa, referente aos componentes macromoleculares, extrativos e cinzas e seus respectivos coeficientes de variação são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA – COMPONENTES MACROMOLECULARES, EXTRATIVOS TOTAIS E MATERIAIS INORGÂNICOS

Espécie	Holocelulose ¹		Lignina ²		Extrativos Totais		Materiais Inorgânicos	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
<i>Pinus taeda</i>	63,03 e	0,04	29,34 a	0,39	7,37 d	1,52	0,30 e	3,87
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	73,49 a	0,64	16,56 e	0,56	9,44 b	2,64	0,66 b	3,59
<i>Melia azedarach</i>	72,37 b	0,08	22,64 b	0,41	4,41 e	0,87	0,52 c	0,31
<i>Grevillea robusta</i>	69,21 d	0,48	22,11 b	0,47	8,32 c	2,42	0,41 d	3,70
<i>Schizolobium parahyba</i>	69,39 d	0,42	21,01 c	1,88	8,85 c	1,28	0,81 a	5,17
<i>Toona ciliata</i>	70,36 c	0,07	18,37 d	0,99	10,33 a	3,43	0,74 ab	2,19
F	666,86*		1264,46*		299,14*		128,65*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Determinação da variável holocelulose por diferença, diferentemente da Análise somativa que aceita valores compreendidos entre 98% e 102%; ² Lignina insolúvel – Método Klason; Teor de umidade médio das partículas para a análise química: 7,58%.

FONTE: A autora (2010)

Os resultados obtidos a partir da determinação dos principais constituintes químicos da madeira apresentaram valores adequados à faixa de variação estipulada por Fengel e Wegener (1989). Pode-se observar ainda que existe diferença estatística entre espécies.

Para o teor de holocelulose verifica-se que as angiospermas apresentaram os maiores percentuais. Tendo em vista que folhosas normalmente apresentam valores superiores de holocelulose quando comparado com as coníferas, um provável fator que também pode ter contribuído para o aumento desta diferença é a idade, onde Trugilho, Lima e Mendes (1996) e Raymond (2000) afirmaram que o teor de holocelulose aumenta com a idade.

Embora poucos estudos sobre composição química destas espécies tenham sido realizados é possível relacionar alguns que demonstram esta tendência, como por exemplo, Prado *et al.*, (2003) que determinaram valores de 69,3% para o

Acrocarpus com 8 anos de idade; e Ziech (2008) que obteve teor de holocelulose médio de 64% para a *Toona ciliata* de 4 anos de idade.

Em relação ao teor de lignina, observa-se para o *Pinus taeda*, valor similar ao encontrado por Klock (2000), Mendes (2001), Andrade *et al.*, (2002), Rigatto, Dedecek e Matos (2004), Andrade (2006). Para as demais espécies, verifica-se valores compatíveis com Sanjuan *et al.*, (1994) que encontraram 22,4% para a *Melia azedarach* e com Pereira, Schaitza e Baggio (2000) que obtiveram 22,1% para a *Grevillea robusta*. Para as espécies *Acrocarpus fraxinifolius* e *Toona ciliata* os teores de lignina podem ser considerados baixos. As prováveis explicações para tais resultados se resumem em três hipóteses, conforme descritas a seguir.

Inicialmente o baixo teor de lignina do *Acrocarpus fraxinifolius* e da *Toona ciliata* pode ser uma característica inerente a espécie. Baixos teores de lignina pelo Método Klason foram também encontrados por Browing (1963) com 17,6% para Aspen e por Mendes *et al.*, (1999) com 17,2% para *Zanthoxylum tingoassuiba*. Quando comparadas as duas espécies (*Acrocarpus* e *Toona*) com Prado *et al.*, (2003) e Ziech (2008), que obtiveram um percentual de 20,1 e 20,2 respectivamente, estes podem ser justificados por condições inerentes ao sítio e a localização geográfica, procedência e idade. De acordo com Larson *et al.*, (1969), Zobel Thorbjornsen e Henson (1960) e Saka (1993) a qualidade do sítio e a localização geográfica afetam o crescimento e a formação da madeira. Burger e Richter (1991) complementaram esta afirmação mencionando que estes fatores interferem diretamente na qualidade da madeira, podendo ocasionar desigualdades nas propriedades tecnológicas. Em relação ao fator idade, Bendtsen (1978), Sjöström (1981), Zobel e Van Buijtenen (1989) e Trugilho, Lima e Mendes (1996) relataram que há uma redução do teor de lignina com o aumento da idade. Segundo estes autores a presença de madeira juvenil, nesta condição apresenta características químicas sujeitas a grandes variações, tendendo a valores estáveis na madeira adulta. Hon e Shiraishi (2000) afirmaram que os componentes químicos da madeira

apresentam diferentes concentrações dependendo do tecido e da região avaliada. Assim, vale ressaltar que tanto o *Acrocarpus fraxinifolius* quanto a *Toona ciliata* utilizados nesta pesquisa possuíam idade de aproximadamente 18 anos quando coletados (madeira adulta) e os estudos conduzidos por Prado *et al.*, (2003) como Ziech (2008) utilizaram em suas respectivas pesquisas madeira exclusivamente juvenil (8 e 4 anos), podendo explicar os resultados acima.

A segunda justificativa para os baixos valores de lignina para estas duas espécies pode ser dada em função da possível existência de madeira de reação. Kollmann e Côté (1968) afirmaram que a ocorrência de zonas de reação é um dos fatores que alteram a composição química. Este tipo de lenho é formado sob o efeito de esforços externos contínuos, como por exemplo, em árvores que crescem em encostas acentuadamente inclinadas (BURGER; RICHTER, 1991). A estrutura da madeira é extremamente sensível a estas mudanças das condições de crescimento e em consequência disso a divisão celular é também influenciada. Assim, o desbalanceamento destas condições resulta em diferente organização e desenvolvimento das células, e conseqüentemente no processo de lignificação (HILLIS, 1962).

Em coníferas a presença de madeira de reação proporciona o aumento do teor de lignina e em consequência disso o teor de celulose é reduzido (TSOUMIS, 1991; BURGER; RICHTER, 1991; ABREU; NASCIMENTO; MARIA, 1999). No entanto, em folhosas o lenho de tração atua inversamente, reduzindo o teor de lignina e aumentando o teor de celulose (BENDTSEN, 1978; KOLLMANN; CÔTÉ, 1968). A provável presença de lenho de tração pode ser justificada pela localização do povoamento em aclave, conforme visualizado na Figura 9 a, p. 84 da Seção Materiais e Métodos.

O último fator que pode explicar o baixo teor de lignina refere-se ao método utilizado. O Método *Klason* consiste na determinação do teor de lignina em hidrólise ácida, onde os polissacarídeos são removidos e a lignina é obtida como resíduo. No

entanto, neste processo parte da lignina pode ser solubilizada, e esta fração deve ser quantificada por espectrofotometria ultravioleta. De acordo com Morais, Nascimento e Melo (2005) ligninas de madeiras de coníferas têm normalmente baixa solubilidade em solução ácida, ao contrário de lignina de folhosas. Easty e Thompson (1991) complementam esta informação mencionando que em coníferas o teor de lignina solúvel em ácido é de 0,2 a 0,5% e em folhosas varia de 3 a 5%.

Alguns exemplos de lignina solúvel a partir do Método *Klason* são apresentadas por Queiroz *et al.*, (2004) que obtiveram 3,0 a 3,5% para híbridos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, Mori *et al.*, (2004) que encontraram valores entre 1,95 a 3,56% para 11 clones de *Eucalyptus*, por Miranda e Pereira (2001) que obtiveram teor de lignina solúvel de 4,7% para *Eucalyptus globulus*.

Em relação ao teor de materiais inorgânicos, verifica-se que os valores obtidos encontram-se no intervalo de variação mencionado por Tsoumis (1991), que relatou que o conteúdo de cinzas raramente é menor que 0,2% ou maior que 1% do peso seco das madeiras, embora possam alcançar até 5% em madeiras de climas tropicais, segundo Browing (1963), Sjöström (1981) e Fengel e Wegener (1989). O teor e a composição do material inorgânico encontrado na madeira dependem das condições ambientais sob as quais a árvore se desenvolve e da localização do mineral na planta (FENGEL; WEGENER, 1989).

Em vista da importância que os extrativos exercem sobre a qualidade de produtos e processos, os componentes solúveis em solventes polares e apolares são apresentados detalhadamente na Tabela 11.

Os resultados obtidos para as análises de solubilidade e extração encontram-se conforme com os resultados de repetibilidade propostos pelas Normas TAPPI, exceto para a extração etanol-tolueno que não possui valores de repetibilidade e reprodutividade estabelecidos.

TABELA 11 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DA MADEIRA – EXTRATIVOS E pH

Espécie	Água Fria ¹		Água Quente ²		NaOH ³		Etanol-tolueno ⁴		Extrativos Totais		pH (2 horas)		pH (24 horas)	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
<i>Pinus taeda</i>	2,34 e	3,98	4,72 c	2,77	13,71 e	1,14	4,06 e	0,10	7,37 d	1,52	4,52 e	0,13	4,58 e	0,88
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	6,59 a	1,17	8,22 b	2,24	20,96 b	0,61	5,91 d	2,99	9,44 b	2,64	4,97 d	0,20	5,07 c	0,46
<i>Melia azedarach</i>	2,93 d	3,83	3,85 d	3,61	12,26 f	1,25	2,95 f	2,85	4,41 e	0,87	5,41 b	0,28	5,50 a	0,46
<i>Grevillea robusta</i>	4,59 c	0,93	4,83 c	1,02	16,56 d	0,74	8,17 a	1,46	8,32 c	2,42	5,30 c	0,39	5,39 b	0,60
<i>Schizolobium parahyba</i>	5,61 b	3,19	8,31 b	1,51	18,68 c	1,26	6,38 c	1,95	8,85 c	1,28	4,97 d	0,31	5,04 d	0,61
<i>Toona ciliata</i>	6,64 a	4,03	9,24 a	0,08	22,11 a	0,25	7,58 b	3,73	10,33 a	3,43	5,50 a	0,21	5,54 a	0,58
F	456,59*		953,60*		2019,51*		393,24*		299,14*		2085,85*		434,31*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; ¹ Solubilidade em água fria; ² Solubilidade em água quente; ³ Solubilidade em hidróxido de sódio; ⁴ Extração em etanol-tolueno; Teor de umidade médio das partículas para a análise química: 7,58%.

FONTE: A autora (2010)

As maiores taxas de solubilidade em água fria são apresentadas pelas espécies *Acrocarpus fraxinifolius* e *Toona ciliata*, as quais não diferem estatisticamente entre si. Em vista da superioridade desta variável para as espécies citadas, e considerando que a água fria solubiliza gomas, taninos, açúcares e corantes (OLIVEIRA *et al.*, 2005), pode-se mencionar que as mesmas tendem a apresentar maior quantidade destas substâncias quando comparadas com as demais.

Para a solubilidade em água quente, observa-se a superioridade da *Toona ciliata*. Observa-se também que o *Schizolobium parahyba* e o *Acrocarpus fraxinifolius* também apresentam elevado percentual de compostos solúveis em água quente. A água quente, além das substâncias solubilizadas pela água fria, solubiliza também amidos (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Além disso, verifica-se uma tendência quando se utiliza a água como solvente. Esta tendência é justificada pela cinética de reações, sendo a temperatura o principal fator.

Considerando processos ou aplicações de tintas e vernizes que necessitem ou possuam água como solvente, como por exemplo, processos de laminação, produção de pastas mecânicas, acabamento de determinados produtos de madeira sólida, é possível que se encontre maiores dificuldades para a *Toona ciliata*, o *Schizolobium parahyba* e para o *Acrocarpus fraxinifolius*, bem como a necessidade de tratamento de efluentes.

Em relação aos componentes solúveis em NaOH a 1%, que determina o grau de ataque da madeira por fungos e outros agentes de deteriorização (TAPPI 212 om-02, 2002), a espécie que apresentou maior solubilidade foi novamente a *Toona ciliata*. Vale ressaltar que, neste tipo de análise, este reagente pode remover também parte da lignina e das hemiceluloses.

Quanto à extração em etanol-tolueno, a *Grevillea robusta* apresentou a maior quantidade de componentes solúveis neste reagente. Comparada as demais, é provável que esta espécie possua um maior teor de ceras, gorduras e óleos.

Para extrativos totais, observa-se que todas as espécies apresentaram um teor de extrativos adequado a proposição de Sjöström (1981), que afirma que o teor desta variável é normalmente inferior a 10%. Quando se compara com Fengel e Wegener (1989), verifica-se que para a testemunha (*Pinus taeda*), a faixa de variação do teor de extrativos é similar, onde coníferas apresentam uma variação de $5\pm 3\%$, no entanto, para folhosas o teor mencionado por este autor é de $3\pm 2\%$, sendo os valores obtidos nesta pesquisa superiores para todas as espécies exceto para a *Melia azedarach*. As prováveis explicações para estes resultados podem estar relacionados ao crescimento, onde Zobel e Van Buijtenen (1989) afirmaram que quando uma árvore cresce em condições desfavoráveis a razão de crescimento, os constituintes químicos, as estruturas celulares e a razão cerne e alburno são afetados. Segundo estes mesmos autores, isso é bastante comum em áreas montanhosas de altitude e vales, áreas ricas e pobres em nutrientes do solo, áreas de vegetação rasteira densa, solos rochosos e precipitação de chuvas.

Considerando que o teor de extrativos exerce grande influência sobre diversos usos industriais e sua acentuada presença pode inviabilizar algumas aplicações (HILLIS; BROWN, 1978) como alteração ou comprometimento de polimerização dos adesivos na indústria de painéis de madeira, seria conveniente afirmar que a *Toona ciliata* tenderia a apresentar o menor desempenho de colagem, no entanto, conforme citado por Lima *et al.*, (2007), as reações de polimerização do adesivo e as reações entre adesivos e extrativos dependem não somente da quantidade, mas também do tipo do extrativo.

Em relação aos valores obtidos para o pH, pode-se dizer que todas as espécies encontram-se dentro do intervalo de variação estipulado por Stamm (1964), que relatou que o pH da madeira está entre 3,0 e 5,5. Baseada nas informações de Albin (1975) é possível afirmar que nenhuma das espécies possui acidez excessivamente alta ou baixa.

Para os valores medidos nos intervalos de 2 e 24 horas observa-se um pequeno aumento, de no máximo 2,0 % considerando o valor inicial. Esta pequena variação é justificada baseada nas afirmações de Browing (1963), que relatou que a maior acidez é causada pela hidrólise do grupo acetil para ácido acético na presença de água quente.

Considerando os processos industriais de painéis de madeira, Poblete e Zarate (1986)⁶ citados por Poblete e Pinto (1993), mencionaram que a uréia formaldeído polimeriza em meio ácido, com pH entre 3,0 e 3,5. Desta forma, os valores de pH obtidos para estas espécies demonstra a necessidade de adição de catalisadores, os quais irão promover reações de acidificação, facilitando e acelerando a polimerização desta resina durante a prensagem. Em relação à testemunha, todas as espécies requerem maior quantidade de catalisador, visto sua menor acidez quando comparadas com o *Pinus taeda*.

4.3 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSAMENTO DA MADEIRA E DAS PARTÍCULAS

4.3.1 Granulometria das Partículas

O rendimento do processamento das partículas das diferentes espécies em condições laboratoriais é apresentado na Tabela 12.

Verifica-se que a espécie que proporcionou partículas de maior granulometria foi o *Schizolobium parahyba*, sendo justificado muito provavelmente pela forma em que foram geradas as partículas desta espécie, ou seja, em estado seco. Em relação às partículas de menor granulometria, ou seja, “finos”, a *Grevillea robusta*

⁶ POBLETE, H.; ZARATE, M. **Influencia de los extraíbles sobre las propiedades de la madera y su utilización como materia prima**. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia. Publicación Docente n. 20, 55p.

TABELA 12 – GRANULOMETRIA E TEOR DE UMIDADE DAS PARTÍCULAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

Espécie	8 mesh ¹ (%)	14 mesh ² (%)	30 mesh ³ (%)	Finos ⁴ (%)	TU ⁵	
					Média (%)	CV (%)
<i>Pinus taeda</i> ⁶	-	-	-	6,89	2,86 b	0,26
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	23,27	47,88	18,17	10,67	3,18 ab	0,09
<i>Melia azedarach</i>	23,37	56,92	11,50	8,22	2,83 b	0,02
<i>Grevillea robusta</i>	11,74	49,97	21,14	17,16	3,15 ab	0,01
<i>Schizolobium parahyba</i>	30,90	44,08	13,81	11,21	3,48 a	0,08
<i>Toona ciliata</i>	12,86	56,17	20,23	10,74	3,03 ab	0,07

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ¹ Partículas retidas na peneira ASTM 8, abertura de 2,36 mm; ² Partículas que passaram na peneira ASTM 8 e ficaram retidas na peneira ASTM 14, com abertura de 1,4 mm; ³ Partículas que passaram na peneira ASTM 14 e ficaram retidas na peneira ASTM 30, com abertura de 0,59 mm; ⁴ Partículas que passaram na peneira ASTM 30 e foram consideradas como finos; ⁵ Teor de umidade das partículas utilizadas na produção do painéis; ⁶ Partículas classificadas como Camada Interna obtidas no processo industrial da empresa Berneck SA.

FONTE: A autora (2010)

destacou-se apresentando maior quantidade. Uma explicação para este resultado pode ser dada em função da elevada quantidade de parênquima radial que a espécie apresenta em sua estrutura anatômica. Segundo Peredo (1987) e Jagger (1992) grande quantidade de “finos” provoca uma colagem deficiente, prejudicando a qualidade dos painéis. Neste caso, é possível relatar que a *Grevillea robusta* pode apresentar um menor rendimento no processamento e também no desempenho de colagem, tendo em vista, que com o elevado percentual de finos aumenta-se o consumo de resina e a qualidade dos painéis é prejudicada reduzindo a adesão interna entre as camadas interna e externa.

Considerando os processos industriais, as granulometrias diferenciam-se em camada interna e externa, e para cada um destes processos é submetida uma nova classificação que corresponde à formação do painel em camada graduada, onde toda a quantidade de finos gerada no processamento é absorvida pela produção. Além disso, deve-se considerar que as condições de processamento de material em

laboratório e na indústria são distintas, e os resultados aqui obtidos podem apresentar diferenças se forem processados industrialmente.

Em relação à espécie *Pinus taeda*, ressalta-se que as partículas foram cedidas pela empresa Berneck SA, e já possuíam uma determinada geometria e classificação, a qual impossibilitou estabelecer seu rendimento nesta etapa da pesquisa.

Para os valores de teor de umidade das partículas, observa-se, que os mesmos encontram-se dentro ou muito próximo do intervalo normalmente utilizado para a produção de painéis que varia entre 3% e 6% (MOSLEMI, 1974; KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; IWAKIRI, 1989, TSOUMIS, 1991; VITAL; HASELEIN; DELLA LUCIA, 1992; MALONEY, 1993). Estes resultados estão em concordância com Perry (1972) que enfatizou a necessidade de um intervalo relativamente estreito para este parâmetro, não havendo neste caso, restrições para a consolidação dos painéis. Sobral Filho (1982) e Bowyer, Shmulsky e Haygreen (2003) complementaram que um controle preciso é necessário porque um teor de umidade 2% maior do que o desejado pode gerar excesso de vapor causando explosões internas. Por outro lado, estes autores relatam que um teor de umidade 2% abaixo do nível desejado pode causar ligações deficientes e, portanto, reduzir as propriedades mecânicas.

Por outro lado, verifica-se a ocorrência de diferença estatística entre os teores de umidade obtidos. Quanto a esta situação, pode-se afirmar que estes resultados podem ser explicados, muito provavelmente, pela constituição química de cada espécie.

4.3.2 Geometria das Partículas

Em virtude da influência que a geometria das partículas exerce sobre as propriedades dos painéis de madeira (IWAKIRI, 1989; ALBERTO, 1992; MOSLEMI, 1974; MALONEY *et. al.*, 1976), são apresentadas na Tabela 13 os resultados referentes ao índice de esbeltez, razão de planicidade, área superficial específica e disponibilidade de resina.

Pode-se verificar que o maior índice de esbeltez é apresentado pela *Melia azedarach*, em consequência do maior comprimento e menor espessura das partículas, o qual difere estatisticamente das demais espécies. O menor valor para esta variável é proporcionado pelo *Schizolobium parahyba*. Vale ressaltar que uma das prováveis causas que contribuiu para o menor índice de esbeltez do *Schizolobium* refere-se ao fato, de que durante o processamento das partículas, esta espécie não permitiu a geração dos cavacos a partir de material úmido.

Considerando as afirmações de Kelly (1977), Moslemi (1974), Vital, Haselein e Della Lucia (1992), Maloney (1993), Iwakiri (2005), em relação ao índice de esbeltez, é provável que a *Melia azedarach* apresente as maiores propriedades para flexão estática e estabilidade dimensional. Brumbaugh (1960) relatou que esta variável possui uma relação direta com o MOE. Por outro lado, é possível que em virtude das características das partículas do *Schizolobium parahyba*, esta espécie apresente valores consideravelmente significativos no ensaio de tração perpendicular, haja visto que Vital *et al.*, (1992), afirmaram que partículas curtas e espessas favorecem esta propriedade. Por outro lado, podem proporcionar maior instabilidade dimensional devido à maior proporção de partículas verticalmente posicionadas durante a formação do painel (MOSLEMI, 1974).

TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO, LARGURA, ESPESSURA, ÍNDICE DE ESBELTEZ, RAZÃO DE PLANICIDADE, ÁREA SUPERFICIAL E DISPONIBILIDADE DE RESINA DAS PARTÍCULAS

Espécie	C ¹ (mm)	L ² (mm)	E ³ (mm)	IE ⁴		RP ⁵		AS ⁶		DR ⁷	
				Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média (cm ² /g)	CV (%)	Média (g/m ²)	CV (%)
<i>Pinus taeda</i>	6,05	1,36	0,58	10,78 d	15,49	2,40 b	39,96	112,93 d	19,97	12,64 a	12,23
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	8,28	1,30	0,64	13,66 b	15,32	2,13 d	46,65	115,01 cd	21,33	12,02 a	11,72
<i>Melia azedarach</i>	10,13	1,32	0,59	18,64 a	12,93	2,39 b	44,39	112,34 d	23,35	13,01 a	11,98
<i>Grevillea robusta</i>	6,99	1,22	0,59	12,81 bc	15,01	2,17 cd	42,85	119,02 c	22,98	9,35 bc	7,57
<i>Schizolobium parahyba</i>	6,36	1,57	0,72	9,57 e	17,52	2,28 bc	39,08	174,76 a	20,80	11,26 ab	10,38
<i>Toona ciliata</i>	6,98	1,51	0,61	12,22 c	13,91	2,59 a	37,11	140,52 b	21,42	8,28 c	7,29
F				170,74*		22,32*		321,63*		12,41*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Comprimento médio das partículas; ² Largura média das partículas; ³ Espessura média das partículas; ⁴ Índice de Esbeltez; ⁵ Razão de Planicidade; ⁶ Área Superficial; ⁷ Disponibilidade de Resina; Teor de umidade médio das partículas utilizadas para determinação da geometria: 3,09 %.

FONTE: A autora (2010)

Em relação aos valores de índice de esbeltez disponíveis na literatura para painéis de partículas de madeira, Iwakiri (1989) obteve 30,48 para *Pinus spp.* Devlieger, Inzunza e Easton (1987) encontraram entre 12 e 63 para partículas de *Pinus radiata*, Poblete e Pinto (1990) e Poblete e Peredo (1993) obtiveram índice de esbeltez de 24,90 e 36,07 para *Laurelia philippiana* Looser, respectivamente, Cabral *et al.*, (2007), determinaram 19,87 para *Eucalyptus spp.* e 4,66 para *Pinus elliottii*; Naumann *et al.*, (2008) obtiveram entre 8,82 e 15,97 para *Schizolobium amazonicum* e 11,80 e 24,68 para *Eucalyptus urophylla* a partir de medições de cavacos e maravalhas. Estas diferenças são dadas em função de espécies, tipo de equipamento para geração dos cavacos, e espessura desejada e compatível com o produto final.

Para os resultados de razão de planicidade, observa-se a superioridade estatística da *Toona ciliata*. A razão de planicidade, segundo Alberto (1992), exerce influência direta sobre o volume relativo de ar do colchão. Saldanha (2004) complementa que a planicidade das partículas, principalmente nas partículas de maiores dimensões (*wafer* e *strand*), favorece o processo de aplicação da resina, formação do colchão e área de contato entre as partículas, ou seja, quanto maior a razão de planicidade melhores são as condições de distribuição da resina.

Em relação aos resultados da área superficial específica, verifica-se que o *Schizolobium parahyba* apresentou o maior valor para esta variável, conseqüentemente o menor tamanho de partículas. Já a *Melia azedarach* destacou-se pelas partículas de maiores dimensões, conseqüentemente a área superficial específica foi a menor entre as espécies estudadas. Jagger (1992) mencionou que partículas curtas e espessas, inseridas principalmente na camada externa, são responsáveis pela redução da qualidade da usinabilidade, desta forma, é provável que painéis produzidos nesta condição com *Schizolobium parahyba*, apresentem qualidade inferior quanto a esta característica. Vale ressaltar que além das dimensões das partículas, a área superficial específica possui influência direta da

massa específica da madeira, podendo resultar em grandes variações quando se altera a espécie ou mesmo quando se usa uma mesma espécie, porém com diferentes massas específicas.

Em complemento a área superficial específica, a disponibilidade de resina é uma variável, que está inteiramente relacionada. Normalmente, quanto menor a área superficial maior é a disponibilidade de resina, no entanto, com a metodologia adotada neste trabalho, obtiveram-se resultados que não seguiram esta regra. A exceção a este requisito foi demonstrado pelo *Schizolobium parahyba*. Os poucos trabalhos disponíveis na literatura apresentam resultados de 12,39 g/m² (POBLETE; PEREDO, 1990) e 4,74 g/m² (POBLETE; PINTO, 1993). A disponibilidade de resina é bastante influenciada pelo tamanho da partícula, logo pequenas alterações na geometria têm grandes efeitos sobre a disponibilidade de resina.

4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA RESINA

Os resultados obtidos a partir da avaliação dos parâmetros de qualidade da resina são apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA RESINA URÉIA FORMALDEÍDO

Parâmetro	Especificação UF ¹	Valores obtidos
Teor de sólidos	64 - 66%	67,50%
Viscosidade	300 – 1000 cP	537,50 cP
pH	7,4 – 9,0	8,22
Tempo de gelatinização	-	1'12"
Densidade	1,25 -1,30 g/cm ³	1,29 g/cm ³

NOTAS: ¹ Valores especificados pelo PNQM-ABIMCI (2004).

FONTE: A autora (2010) adaptado.

De acordo com a Tabela 14, verifica-se que os valores obtidos a partir da determinação da qualidade da resina, são compatíveis com os valores especificados e recomendados para a produção de painéis.

4.5 PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

4.5.1 Propriedades Físicas

4.5.1.1 Massa Específica Aparente

Os resultados referentes à massa específica dos painéis e à razão de compactação, bem como das demais propriedades, serão apresentadas de acordo com duas abordagens distintas, ou seja, análise das propriedades dos painéis homogêneos, produzidos a partir de espécies em sua forma pura ou em mescla (Tratamentos 1 a 7), e análise dos painéis multicamadas, manufaturados a partir de três camadas e pelo menos duas espécies alternando as camadas interna e externa, (Tratamentos 8 ao 18 e inclusão do Tratamento 1 como testemunha).

4.5.1.1.1 Painéis Homogêneos

Na Tabela 15 são apresentados os valores referentes à massa específica aparente e à razão de compactação dos painéis homogêneos, com seus respectivos coeficientes de variação. Conforme se pode observar, a Análise de Variância mostrou que houve diferença estatística significativa entre os valores médios dos

sete tratamentos, havendo a necessidade de ajuste destes valores através da análise de covariância no decorrer do trabalho.

TABELA 15 - VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA, MASSA ESPECÍFICA DOS PAINÉIS E RAZÃO DE COMPACTAÇÃO DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	Massa específica da madeira (g/cm ³)	Massa específica do painel		Razão de compactação ³	
		Média (g/cm ³)	CV (%)	Média (g/cm ³)	CV (%)
T1 – Pt	0,496	0,778 ab	6,77	1,518 f	3,07
T2 – Af	0,458	0,754 abc	7,98	1,654 d	3,53
T3 – Ma	0,488	0,744 bc	4,65	1,556 e	2,17
T4 – Gr	0,494	0,781 ab	6,42	1,523 f	2,88
T5 - Sp	0,264	0,729 c	6,31	2,830 a	1,59
T6 - Tc	0,373	0,719 c	6,76	2,020 b	2,63
T7 – Mix 5 sp ¹	0,415 ²	0,793 a	5,33	1,823 c	2,00
F		6,00*		18045,01*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie; ² Massa específica da madeira (mix de espécies) calculada segundo MOSLEMI (1974); ³ Razão de compactação ajustado para uma massa específica aparente de 0,757 g/cm³.

FONTE: A autora (2010)

Verifica-se que as espécies que apresentaram maior desvio em relação à massa específica nominal dos painéis foram o *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata*. Este fato pode ser justificado em parte, por estas espécies apresentarem a menor massa específica da madeira, e conseqüentemente maior volume de partículas para compor o colchão, resultando na maior liberação de tensões de compressão impostas durante o processo de prensagem conforme relatado por Moslemi (1974) e Kelly (1977). Após a prensagem provavelmente ocorreu um retorno em espessura, onde os tratamentos compostos com estas espécies

apresentaram uma espessura média de 16,1 e 16,7 mm respectivamente, justificando com isso, a menor massa específica do painel.

Para a variável razão de compactação, verifica-se que todos os tratamentos apresentaram valores médios superiores a 1,3, conforme proposto por Moslemi (1974) e Maloney (1993), indicando que houve densificação suficiente durante a manufatura dos painéis. Por outro lado estes mesmos autores descrevem que o limite superior para este parâmetro é de 1,6, podendo-se observar que os tratamentos 5, 6 e 7, apresentaram-se mais elevados. Estes valores superiores de compactação são demonstrados pelas espécies de menor massa específica, confirmando as informações disponíveis em literatura.

Em relação ao tratamento 1 (testemunha), verifica-se que todos os demais tratamentos apresentaram valores médios ajustados superiores para a variável razão de compactação, indicando, melhor contato entre as partículas, as quais provavelmente exerceram influência nas propriedades físicas e mecânicas.

4.5.1.1.2 Painéis Multicamadas

Na Tabela 16 são apresentados os valores referentes à massa específica da madeira, massa específica aparente dos painéis e razão de compactação dos painéis multicamadas, com seus respectivos coeficientes de variação.

Observa-se que para os painéis produzidos em camadas as massas específicas apresentaram médias estatisticamente iguais em todos os tratamentos e muito mais próximas da nominal quando comparadas com as massas específicas dos painéis homogêneos. Pode-se dizer que neste caso as condições de processamento foram mais estáveis e as perdas de material durante a produção foram menores.

TABELA 16 - VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA, MASSA ESPECÍFICA DOS PAINÉIS E RAZÃO DE COMPACTAÇÃO DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Massa específica da madeira ² (g/cm ³)	Massa específica do painel		Razão de compactação	
		Média (g/cm ³)	CV (%)	Média (g/cm ³)	CV (%)
T1 – Pt	0,496	0,788 a	6,77	1,570 g	3,07
T8 – Af/Pt/Af	0,481	0,779 a	5,69	1,620 efg	2,50
T9 – Ma/Pt/Ma	0,493	0,793 a	5,93	1,603 fg	2,67
T10 – Gr/Pt/Gr	0,495	0,795 a	5,34	1,606 efg	2,34
T11 – Sp/Pt/Sp	0,403	0,778 a	6,30	1,932 b	2,38
T12 – Tc/Pt/Tc	0,447	0,795 a	6,36	1,779 cd	2,54
T13 – Pt/Af/Pt	0,473	0,800 a	7,50	1,697 def	3,19
T14 – Pt/Ma/Pt	0,491	0,791 a	5,83	1,611 efg	2,58
T15 – Pt/Gr/Pt	0,495	0,800 a	4,03	1,618 efg	1,79
T16 – Pt/Sp/Pt	0,357	0,781 a	6,66	2,189 a	2,17
T17 – Pt/Tc/Pt	0,422	0,783 a	6,59	1,855 bc	2,60
T18 – Pt/Mix 5 sp/Pt	0,448	0,774 a	9,09	1,727 de	3,79
F		0,68 ^{ns}		39,94*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp: *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Camada Interna composta pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 12% por espécie; ² Para todos os tratamentos, exceto T1, a massa específica da madeira foi calculada segundo MOSLEMI (1974).

FONTE: A autora (2010)

Em relação à razão de compactação, verifica-se também, que todos os tratamentos propostos apresentaram um valor superior a 1,3, conforme Moslemi (1974) e Maloney (1993), e também todos os tratamentos produzidos em camadas foram superiores ao *Pinus taeda*, quanto à variável razão de compactação. Novamente para os tratamentos compostos com espécies de menor massa específica da madeira (*Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata*) observam-se maiores valores.

4.5.1.2 Perfil de Densidade

4.5.1.2.1 Painéis Homogêneos

Os resultados médios de densidade média, mínima e máxima, obtidos a partir da análise do perfil de densidade dos painéis homogêneos são apresentados na Tabela 17.

TABELA 17 - VALORES MÉDIOS DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	Perfil de densidade		Densidade mínima		Densidade máxima	
	Média (g/cm ³)	CV (%)	Média (g/cm ³)	CV (%)	Média (g/cm ³)	CV (%)
T1 – Pt	0,726 a	6,28	0,685 a	6,23	0,845 a	6,63
T2 – Af	0,696 ab	7,70	0,684 a	6,75	0,780 bc	8,49
T3 – Ma	0,687 ab	4,91	0,682 a	4,33	0,743 c	5,63
T4 – Gr	0,726 a	6,74	0,707 a	6,73	0,796 abc	6,97
T5 - Sp	0,671 b	6,61	0,611 b	7,74	0,824 ab	5,81
T6 - Tc	0,666 b	6,86	0,604 b	7,96	0,806 ab	7,33
T7 – Mix 5 sp ¹	0,728 a	5,33	0,702 a	6,05	0,819 ab	5,67

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

Com base nestes resultados e na análise gráfica dos perfis de densidade apresentados no Apêndice, verifica-se que as camadas superficiais apresentaram maior densificação devido ao aquecimento inicial que promoveu maior plasticização das partículas e menor resistência a compressão, conforme mencionado por Matos

(1988). Conseqüentemente, a menor densificação foi também evidenciada em todos os tratamentos propostos, com maior ou menor intensidade.

Considerando o valor de referência utilizado na indústria para a relação densidade interna e densidade externa, que deve ser próximo a 0,85, verifica-se que os tratamentos deste grupo apresentaram valores intermediários, variando de 0,74 a 0,92.

Analisando os gráficos plotados durante o ensaio, e o acréscimo da densidade máxima sobre a densidade mínima em processos industriais, que deve variar entre 20 e 35%, observa-se que as diferenças entre densificação máxima e mínima foi mais acentuada para o tratamento 5, composto pelo *Schizolobium parahyba* com diferenças de 0,213 g/cm³ entre camadas, seguido do Tratamento 6, manufaturado com a *Toona ciliata* (0,202 g/cm³), onde somente estes dois tratamentos atenderam à condição mínima de 20% .

Nota-se que, nas condições deste trabalho, a maior magnitude entre densidades e o requisito mínimo de 20% foi atendido pelas espécies de menor massa específica da madeira. Isso pode estar relacionado a fato de que em função da menor massa específica, maior é o volume de partículas necessário para compor o colchão, logo as camadas superficiais sofrem maior plasticização, sendo conseqüentemente mais densificadas, enquanto que a camada interna torna-se mais resistente a aplicação de pressão, gerando desta forma, maior gradiente de densidade.

4.5.1.2.2 Painéis Multicamadas

As densidades médias, mínimas e máximas, obtidas a partir do ensaio de perfil de densidade dos painéis multicamadas, encontram-se sumarizadas na Tabela 18.

TABELA 18 - VALORES MÉDIOS DO PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Perfil de densidade		Densidade mínima		Densidade máxima	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	0,726 ab	6,28	0,685 bc	6,23	0,845 abc	6,63
T8 – Af/P/Af	0,713 b	5,60	0,675 bc	92,06	0,821 abc	11,24
T9 – Ma/P/Ma	0,728 ab	10,23	0,703 abc	11,84	0,806 c	7,50
T10 – Gr/P/Gr	0,729 ab	5,42	0,674 bc	6,84	0,831 abc	5,30
T11 – Sp/P/Sp	0,715 b	6,40	0,656 c	7,51	0,872 ab	6,06
T12 – Tc/P/Tc	0,727 ab	6,57	0,665 bc	7,77	0,881 a	6,88
T13 – P/Af/P	0,739 ab	7,75	0,700 abc	9,74	0,840 abc	6,19
T14 – P/Ma/P	0,729 ab	5,74	0,714 ab	6,46	0,814 bc	5,20
T15 – P/Gr/P	0,770 a	5,51	0,750 a	6,56	0,837 abc	5,08
T16 – P/Sp/P	0,712 b	7,18	0,655 c	9,36	0,832 abc	5,93
T17 – P/Tc/P	0,723 ab	6,49	0,700 abc	8,45	0,836 abc	5,89
T18 – P/Mix 5 sp/P ¹	0,712 b	7,92	0,706 abc	8,34	0,808 c	6,27

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

Considerando a relação entre densidades, os resultados demonstraram que esta relação variou entre 0,75 a 0,90, sendo inferior a amplitude apresentada pelo grupo composto pelos painéis em constituição homogênea.

Verifica-se ainda, a partir da análise de densidades mínimas e máximas, bem como, da análise dos gráficos, que os tratamentos que apresentaram maior diferença de densificação entre camadas, foram os tratamentos manufaturados com as espécies de menor massa específica da madeira, *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata*, sendo este efeito foi mais acentuado quando estas espécies foram inseridas na camada externa. No entanto, nenhum dos tratamentos atingiu a condição de 20-35% da densidade máxima sobre densidade mínima.

De modo geral, e baseado nos resultados numéricos e gráficos de ambos os grupos, é possível mencionar que os tratamentos apresentaram diferentes perfis de densidade, sendo necessárias análises complementares específicas para estabelecer a relação entre estes resultados e as propriedades mecânicas.

4.5.1.3 Teor de Umidade

4.5.1.3.1 Painéis Homogêneos

O teor de umidade ou a umidade de equilíbrio de produtos de madeira reconstituída difere da umidade de equilíbrio da madeira sólida devido às variáveis de processamento em que os primeiros são expostos. São importantes porque indicam uma característica do produto e podem fornecer informações sobre suas aplicações.

Neste contexto, os teores de umidade referentes aos painéis em composição homogênea, após climatização, são apresentados na Tabela 19.

De acordo com a Tabela 19, observa-se que a Análise de Variância apresentou diferenças estatísticas significativas entre médias de tratamentos, onde o tratamento composto pelo *Pinus taeda* foi o tratamento com maior teor médio de umidade.

Verifica-se também que conforme relatado por Silva *et al.*, (2006), após a reconstituição da madeira os tratamentos demonstraram menor umidade de equilíbrio em relação a madeira sólida, onde estudos com madeira sólida destas mesmas espécies, apresentaram valores médios de 14,76% para o *Pinus taeda*, 12,48% para o *Acrocarpus*, 14,51% para *Melia*, 13,46% para *Grevillea*, 12,98% para o *Schizolobium* e 14,08% para a *Toona* (LTM, 2009). A justificativa para esta redução de higroscopicidade é devido à redução da madeira em partículas e a

posterior incorporação de resinas, parafinas e outros aditivos, e, principalmente pela aplicação de altas temperaturas e pressão durante a consolidação do painel (WU, 1999), a qual promove a perda ou rearranjo das regiões higroscópicas da madeira, deixando o painel menos reativo a água (MENDES, 2001), ou simplesmente pela perda da água de constituição (GALVÃO; JANKOWSKI, 1985).

TABELA 19 - VALORES MÉDIOS DE TEOR DE UMIDADE DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	Teor de Umidade	
	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	10,22 a	4,04
T2 – Af	9,50 bc	5,47
T3 – Ma	9,95 ab	3,06
T4 – Gr	9,60 bc	3,54
T5 - Sp	9,39 c	4,27
T6 - Tc	9,95 ab	3,58
T7 – Mix 5 sp ¹	9,56 bc	3,13
F	5,65*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade; * significativo a 95% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

Observa-se também uma tendência entre as umidades de equilíbrio da madeira e do painel, onde as espécies que apresentaram maior umidade de equilíbrio para a madeira sólida, tenderam a apresentar também maior umidade de equilíbrio para os respectivos produtos reconstituídos. Embora sejam necessárias pesquisas complementares, pode-se mencionar que a composição química provavelmente atuou como um fator de influência, onde Jankowski (1979) afirmou que os teores de holocelulose, lignina e extrativos também interferem no fenômeno de adsorção de água. No caso dos extrativos, especificamente, embora haja

inúmeras discussões a respeito de sua influência facilitadora ou inibidora na umidade de equilíbrio, é possível ressaltar que neste trabalho o fator quantidade não foi evidenciado, mas esta associação pode estar correlacionada à variável qualitativa deste componente.

4.5.1.3.2 Painéis Multicamadas

Os resultados médios referentes ao teor de umidade dos painéis multicamadas podem ser visualizados na Tabela 20.

TABELA 20 - VALORES MÉDIOS DE TEOR DE UMIDADE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Teor de Umidade	
	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	10,22 ab	4,04
T8 – Af/P/Af	9,94 abc	2,49
T9 – Ma/P/Ma	10,09 abc	2,72
T10 – Gr/P/Gr	9,97 abc	3,74
T11 – Sp/P/Sp	9,87 bc	3,55
T12 – Tc/P/Tc	10,21 ab	3,30
T13 – P/Af/P	9,65 c	3,41
T14 – P/Ma/P	10,42 a	3,37
T15 – P/Gr/P	9,91 abc	3,60
T16 – P/Sp/P	9,66 c	3,19
T17 – P/Tc/P	10,29 ab	3,37
T18 – P/Mix 5 sp/P ¹	10,07 abc	3,25
F	4,50*	

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp: *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

Para os painéis produzidos em camadas, verifica-se também, que a Análise de Variância apresentou umidades de equilíbrio estatisticamente diferentes entre si, sendo justificada, também, por questões inerentes a massa específica, densificação, composição química das espécies e processo de manufatura, além de resultados inferiores considerando a madeira sólida.

Em relação à quantificação da redução da higroscopicidade dos painéis, Sekino (1996)⁷ citado por Camargo e Iwakiri (2005) afirmou que a prensagem a quente promove uma redução de 7% a 27%. Para ambos os conjuntos analisados os valores obtidos foram superiores, onde os painéis homogêneos apresentaram uma redução média de 28,4%, com variação de 23,9% para o *Acrocarpus fraxinifolius* e 31,4% para a *Melia azedarach*. Para os painéis produzidos em camadas a redução média foi de 29,2%, onde o valor mínimo foi 27,9% para o tratamento 13 (P/Af/P) e o valor máximo foi 31,2% para o tratamento 9 (Ma/P/Ma). Observa-se que ambos os conjuntos, a espécie que apresentou menor higroscopicidade foi o *Acrocarpus fraxinifolius* e a maior tendência foi demonstrada pela *Melia azedarach*.

Em referência a resultados disponíveis em literatura que comprovam a baixa umidade de equilíbrio em produtos de madeira reconstituída, e que se assemelham aos obtidos neste trabalho, pode-se citar, Vital *et al.*, (2004) com umidade de 9,35% para colagem de painéis com uréia formaldeído e até 12,00% quando foi utilizado adesivos a base de tanino, Hillig, Haselein e Santini (2004), com valores entre 3,74% e 8,78% para painéis *flakeboards* de *Pinus elliotti*, *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*; Cabral *et al.*, (2007) com valores de 9,62% a 9,94% para painéis confeccionados com *Eucalyptus spp.*, e *Pinus elliottii*; Okino *et al.*, (2008) com um teor de umidade de 8% para painéis OSB de *Eucalyptus grandis* e *Cupressus glauca*; Carneiro *et al.*, (2009) com 9,10% a 10,23% para painéis de *Pinus elliottii*

⁷ SEKINO, N., IRLE, M. A. Particleboard hygroscopicity: its prediction and the influence of hot-pressing. **Journal of the Japan Wood Research Society**, Tokyo, v. 42, n. 1, p. 43-50. 1996.

colados com uréia-formaldeído e adesivos tânicos; e Silva *et al.*, (2005, 2006) também obtiveram umidades de equilíbrio diferenciadas para diversos tipos de painéis reconstituídos em diferentes condições.

4.5.1.4 Absorção de Água e Inchamento em Espessura

4.5.1.4.1 Painéis Homogêneos

Assim como muitos outros materiais, os painéis de partículas de madeira, quando expostos a umidade também sofrem alterações. Em alguns casos a magnitude desta propriedade é um fator limitante na utilização deste produto. Desta forma, os resultados obtidos com o ensaio de absorção de água e inchamento em espessura são apresentados na Tabela 21.

Para todas as variáveis inerentes a absorção de água e inchamento em espessura, a Análise de Covariância demonstrou que os tratamentos propostos neste grupo foram estatisticamente diferentes.

Para a absorção de água após duas horas de imersão os valores médios variaram de 7,94% a 31,22%, onde a espécie mais propensa a absorção nesta condição foi o *Schizolobium parahyba* (T5), diferindo estatisticamente das demais, e a com menor índice foi o *Pinus taeda* (T1), sendo esta estatisticamente igual ao tratamento T3 produzido com a *Melia azedarach*. Em relação à absorção após 24 horas de imersão, os valores médios variaram de 27,82% a 68,70%, sendo observada a mesma tendência, onde o *Schizolobium parahyba* apresentou novamente a maior taxa de absorção e o *Pinus taeda* o menor índice.

TABELA 21 - VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA EM 2 E 24 HORAS DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	AA 2h ¹		AA 24h ¹		IE 2h ¹		IE 24h ¹	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	7,94 d	10,66	27,82 e	10,24	13,02 c	8,81	18,56 de	7,24
T2 – Af	19,17 b	24,69	52,53 b	20,93	14,11 b	8,31	24,58 c	10,04
T3 – Ma	9,92 d	13,80	32,06 e	13,88	12,45 c	7,45	17,79 de	6,32
T4 – Gr	10,72 c	28,33	40,64 c	14,04	14,44 b	6,29	25,98 b	8,29
T5 - Sp	31,22 a	13,76	68,70 a	9,37	17,06 a	11,40	29,76 a	11,13
T6 - Tc	13,27 c	18,87	37,46 d	21,19	12,07 c	6,27	16,78 e	5,99
T7 – Mix 5 sp ²	10,25 c	10,69	32,45 d	12,43	13,20 c	8,36	18,82 d	7,73
F	291,31*		288,79*		30,08*		124,71*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Valores ajustados por ANCOVA para uma massa específica aparente de 0,757 g/cm³; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ² Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

Considerando os resultados obtidos para esta variável, é possível justificar a maior taxa de absorção de água para o tratamento composto pelo *Schizolobium parahyba*, devido à maior área superficial específica, que conseqüentemente, também é a maior área de absorção. O menor índice de absorção, apresentado pelo *Pinus taeda*, em conseqüência, também se correlaciona com a área superficial específica, onde esta espécie proporcionou uma das menores áreas superficial e uma das maiores disponibilidade de resina, restringindo este fenômeno. Vale ressaltar que juntamente com o *Pinus taeda* a *Melia azedarach* apresentou também um dos menores índices para esta propriedade, assim como menores áreas superficiais e maior disponibilidade de resina, sendo estes dois tratamentos estatisticamente iguais.

Baseada nestes fatos pode-se afirmar que a absorção de água foi influenciada por diversas variáveis, como espécie, área superficial específica,

disponibilidade de resina, e muito provavelmente por outras relacionadas à composição química, mais especificamente ao tipo de extrativos. Quanto à variável razão de compactação, estudos mais detalhados com e entre espécies, seriam necessários para avaliar com precisão o comportamento do painel frente a este fator.

Em termos gerais, pode-se afirmar que para a absorção de água, nenhum dos tratamentos demonstrou-se superior a testemunha, sendo está de menor valor numérico, mas estatisticamente igual a *Melia azedarach*.

Em relação aos resultados obtidos para o inchamento em espessura, observa-se que após duas horas de imersão os valores médios variaram entre 12,07% e 17,06%, onde o *Schizolobium* (T5) apresentou-se estatisticamente superior, e o melhor desempenho em estabilidade dimensional foi demonstrado pela espécie *Toona ciliata* (T6), sendo esta estatisticamente igual ao T1, T3 e T7. Em continuidade a este ensaio, após 24 horas de imersão em água, pode-se verificar que o *Schizolobium* (T5) novamente apresentou superioridade estatística em relação às demais espécies, e a *Toona ciliata* (T7) seguiu a mesma tendência com o menor índice de inchamento nesta condição, mas estatisticamente igual ao T1 e ao T3.

Para o resultado apresentado pelo tratamento composto pelo *Schizolobium*, pode-se atribuir o maior valor médio de inchamento, pela maior razão de compactação, decorrente da baixa massa específica da madeira, e conseqüentemente, pela maior liberação das tensões de compressão, durante o período de imersão (MOSLEMI, 1974; KELLY, 1977; KAWAI; SASAKI, 1993; TEODORO, 2008). Vale ressaltar ainda, que esta maior instabilidade pode estar associada às características das partículas, que devido ao menor comprimento e a maior espessura, apresentam durante a formação do painel maior proporção de partículas posicionadas verticalmente, o que segundo Moslemi (1974), contribui para maior instabilidade dimensional.

Considerando a melhor estabilidade dimensional, apresentada pela espécie *Toona ciliata*, é possível afirmar que muito mais que à geometria das partículas, este resultado está associado à menor massa específica média dos painéis, em conjunto com a composição química. Conforme Silva *et al.*, (2007) as reações de polimerização não estão exclusivamente relacionadas com a quantidade de extrativos, podendo desta forma afirmar que o maior teor de extrativos apresentado pela espécie não exerceu influência sobre a polimerização do adesivo, mas possivelmente um determinado tipo de extrativo presente na espécie interagiu durante a realização do ensaio, manifestando maior repelência a água.

Em relação às demais espécies, verifica-se que as mesmas apresentaram valores intermediários, originados a partir da interação das diversas características, como espécie, massa específica, geometria das partículas e razão de compactação.

Para o tratamento composto pela mistura de espécies (T7), verifica-se também que o mesmo demonstrou valores intermediários nos ensaios, devido ao balanceamento das características apresentadas por todas as espécies.

Em breve comparação com a espécie de referência, pode-se afirmar que para absorção de água (24 h), somente a *Melia azedarach* (T3) foi estatisticamente igual a testemunha. No inchamento em espessura, a espécie *Toona ciliata* (T6) se destacou, bem como a *Melia azedarach* (T3), sendo ambas, estatisticamente iguais ao *Pinus taeda*.

Em relação à Norma EN 312:2003, não é possível estabelecer comparação em virtude da referida norma não apresentar requisitos mínimos para produtos aplicados em condições secas e móveis.

4.5.1.4.2 Painéis Multicamadas

Os resultados médios do ensaio de absorção de água e inchamento em espessura obtido a partir dos painéis produzidos em camadas são apresentados na Tabela 22.

TABELA 22 - VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA EM 2 E 24 HORAS DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	AA 2h		AA 24h		IE 2h		IE 24h	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	7,94 de	10,66	27,82 cde	10,24	13,02 bc	8,81	18,56 c	7,24
T8 – Af/P/Af	13,89 a	13,43	36,78 b	14,16	14,47 a	8,80	21,51 b	5,76
T9 – Ma/P/Ma	11,27 b	15,03	25,95 de	11,10	13,12 bc	6,67	17,44 cd	6,64
T10 – Gr/P/Gr	9,64 bcd	14,51	36,63 b	13,11	13,17 bc	6,12	22,16 b	10,13
T11 – Sp/P/Sp	15,30 a	13,35	36,42 b	13,96	14,91 a	6,29	20,84 b	5,44
T12 – Tc/P/Tc	9,33 bcde	11,06	27,19 cde	11,64	12,89 bc	7,91	16,36 d	7,97
T13 – P/Af/P	9,69 bcd	20,72	30,13 cd	19,00	13,12 bc	7,58	17,26 cd	6,65
T14 – P/Ma/P	8,07 de	16,99	24,86 e	12,17	12,50 c	7,55	16,68 d	7,91
T15 – P/Gr/P	7,56 e	12,28	29,44 cd	9,88	11,02 d	8,83	14,59 e	10,48
T16 – P/Sp/P	14,30 a	20,53	49,42 a	15,88	14,04 ab	11,34	26,29 a	9,89
T17 – P/Tc/P	10,44 bc	17,04	30,55 c	14,22	14,66 a	9,21	18,93 c	8,24
T18 – P/Mix 5sp/P	8,91 cde	13,83	29,55 cd	16,94	14,09 ab	9,17	17,84 cd	7,80
F	37,20*		35,25*		15,31*		62,00*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

Verifica-se que para todas as variáveis de resposta a Análise de Variância demonstrou diferença estatística significativa.

A absorção de água após 2 horas de imersão demonstrou que o tratamento 15 apresentou a menor taxa nesta condição, não diferindo estatisticamente do T1, T12, T14 e T18. O maior índice de absorção foi obtido pelo tratamento 11 que estatisticamente é igual ao T8 e ao T16. Após 24 horas de imersão verifica-se que o tratamento 14 e o tratamento 16 foram os que apresentaram a menor e maior absorção de água respectivamente.

É possível observar que os tratamentos que apresentaram a espécie *Schizolobium parahyba* em sua composição foram os tratamentos que mais tenderam a absorver água, e a medida que se aumentou o percentual de partículas desta espécie (40% no tratamento 11 e 60% no tratamento 16), a propriedade de absorção tendeu a aumentar. Este comportamento assemelha-se com estudos conduzidos por Naumann *et al.*, (2008) que avaliando as propriedades de painéis de partículas de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, (mesmo gênero) verificou a mesma tendência, onde a medida que aumentava a proporção de *Schizolobium* na composição do painel, aumentava-se a absorção, podendo-se concluir com isso que a principal influência se deve a espécie.

Outra característica interessante quanto ao comportamento dos painéis na absorção de água, refere-se a composição da camada externa, ou seja, a espécie utilizada nesta camada. Observa-se que tanto para a absorção após 2 horas quanto para 24 horas, a maioria dos painéis produzidos com o *Pinus taeda* na camada externa e a espécie alternativa na camada interna, apresentaram menor taxa de absorção, quando comparados com seus análogos, ou seja, quando houve a inversão entre *Pinus taeda* para camada interna e a espécie alternativa compondo a camada externa. Pode-se dizer que para estes casos, a aplicação do *Pinus taeda* nas camadas superficiais atuou como elemento restritivo a absorção de água. Para os tratamentos 16 e 17 após 24 horas não é verificada esta tendência, sendo este comportamento justificado muito provavelmente pela liberação de tensões de compressão ao longo do tempo.

Em resumo, verifica-se que após 24 horas de absorção, os tratamentos 14, 9 e 12, foram numericamente superiores ao tratamento testemunha, mas em termos estatísticos, além dos tratamentos citados a testemunha é igual ao tratamento 13, 15, 17 e 18.

Para a variável inchamento em espessura, nota-se que após 2 horas de imersão o melhor desempenho foi demonstrado pelo tratamento 15, o qual difere dos demais, e o maior inchamento foi apresentado pelo tratamento 11, sendo estatisticamente similar aos tratamentos T8, T16, T17 e T18. Em continuidade, após 24 horas de imersão verifica-se que o tratamento 15 tendeu a apresentar o menor inchamento, diferindo estatisticamente dos demais. Já a maior taxa de inchamento após este período foi demonstrada pelo tratamento 16, também sendo estatisticamente diferente dos outros tratamentos. Verifica-se com este resultado, que novamente o fator espécie foi determinante, e que esta inversão de comportamento se deve a composição das camadas e conseqüentemente a proporção de partículas de *Schizolobium* utilizadas. Inicialmente o tratamento 11 por possuir partículas de *Schizolobium* na camada externa, recebeu influência direta, e o tratamento 16 teve um inchamento gradual. Após a ação da água por 24 horas, o tratamento 16 por possuir maior quantidade de material lenhoso, conseqüentemente maior razão de compactação, apresentou maior liberação de tensões de compressão, manifestando desta forma, o maior inchamento em espessura.

Verifica-se ainda, como para as características de absorção de água, que a aplicação do *Pinus taeda* na camada externa também atuou como um elemento de restrição ao inchamento para a maioria dos tratamentos. Para o inchamento após duas horas observa-se que esta tendência não foi seguida pelo tratamento 12, com a aplicação da *Toona ciliata* na camada externa, podendo este fato estar relacionado a presença de alguns extrativos que tenderam minimizar a instabilidade dimensional. Para o inchamento após 24 horas, o desvio desta tendência

apresentados pelos tratamentos 16 e 17, pode estar correlacionado a liberação de tensões de compressão manifestadas ao longo do tempo.

Em relação ao tratamento 18, a mistura de espécies na camada interna, promoveu um balanceamento das propriedades de absorção de água e inchamento em espessura, quando comparados com espécies inseridas de forma pura nesta camada. Os demais tratamentos apresentaram comportamentos intermediários.

Em comparação a testemunha (T1), é possível afirmar que os tratamentos 15, 12 e 14, são numérica e estatisticamente superiores, e os tratamentos 13, 9 e 18 embora apresentem menores valores numéricos para a propriedade de inchamento, são estatisticamente iguais a testemunha.

Considerando os resultados de absorção de água e inchamento em espessura obtidos neste trabalho e os valores disponíveis em literatura verifica-se por um lado certa similaridade, e por outro, alta variabilidade, condicionadas principalmente à espécie utilizada e aos parâmetros utilizados durante a manufatura do painel.

Quanto a capacidade de utilização das espécies para produção de painéis de madeira aglomerada em composição homogênea e em camadas, e de acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura foram influenciados principalmente pelo fator espécie.

4.5.1.5 Taxa de Não Retorno em Espessura - *Springback*

4.5.1.5.1 Painéis Homogêneos

Os resultados referentes a Taxa de Não Retorno em Espessura dos painéis homogêneos são apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 - VALORES MÉDIOS DA TAXA DE NÃO RETORNO EM ESPESSURA – *SPRINGBACK* OU INCHAMENTO RESIDUAL – DOS PAINÉIS HOMOGENEOS

Tratamento	Taxa de Não Retorno em Espessura	
	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	21,50 e	12,21
T2 – Af	31,27 c	9,15
T3 – Ma	18,76 e	7,68
T4 – Gr	91,81 a	8,26
T5 - Sp	37,38 b	10,30
T6 - Tc	13,02 f	10,09
T7 – Mix 5 sp*	26,56 d	8,66
F	663,26*	

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Valores ajustados por ANCOVA para uma massa específica aparente de 0,757 g/cm³; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ² Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

De acordo com a Tabela acima, verifica-se que houve ocorrência de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos propostos neste conjunto de dados. Observa-se que após a exposição a alta e baixa umidade, o tratamento que apresentou maior inchamento residual foi o T4, composto pela *Grevillea robusta*, sendo estatisticamente superior aos demais. Vale ressaltar que este tratamento após a finalização do ensaio quase não apresentou condições de medição, diferentemente dos demais.

Uma provável explicação para esta desintegração após ensaio pode ser descrita em função da qualidade de colagem entre as partículas. Esta espécie, em virtude da elevada quantidade de parênquima radial gerou maior percentual de finos e após classificação, as partículas apresentaram características que proporcionaram uma das menores disponibilidades de resina entre as espécies estudadas. Aliado a este fato, a espécie também demonstrou nas análises químicas, a maior quantidade

de componentes solúveis em etanol-tolueno, o qual solubiliza ceras, gorduras e óleos. Segundo Lima *et al.*, (2007) gorduras são encontradas nas células parenquimatosas, especialmente no parênquima radial, e possivelmente estes componentes podem ter exercido influência sobre a polimerização do adesivo, ou decréscimo do umedecimento do substrato, conforme relatado por Sobral Filho (1982), gerando uma linha de cola de baixo desempenho, e baixa resistência entre as partículas. Durante a exposição à alta umidade e seqüencialmente a alta temperatura as forças de adesão tornaram-se extremamente frágeis, resultando desta forma, em um *springback* com magnitude próxima a 100%.

Verifica-se também que o tratamento 5, composto pelo *Schizolobium parahyba*, foi o segundo tratamento com maior inchamento residual. Pode-se mencionar que neste caso, a provável causa para este resultado está relacionado à elevada razão de compactação da espécie, e conseqüentemente a maior liberação das tensões de compressão durante o ensaio.

Por outro lado, o menor inchamento residual neste ensaio foi demonstrado pelo tratamento composto pela *Toona ciliata*, o qual difere estatisticamente dos demais tratamentos e é o único tratamento estatisticamente superior ao *Pinus taeda*. Verifica-se que esta espécie ao longo da sua avaliação física, também apresentou as menores taxas de inchamento, concluindo-se neste caso, que foi a espécie com melhor estabilidade dimensional.

4.5.1.5.2 Painéis Multicamadas

Os resultados obtidos a partir do inchamento residual dos painéis produzidos em camadas são apresentados na Tabela 24.

TABELA 24 - VALORES MÉDIOS DA TAXA DE NÃO RETORNO EM ESPESSURA – *SPRINGBACK* OU INCHAMENTO RESIDUAL - DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Taxa de Não Retorno em Espessura	
	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	21,50 ef	12,21
T8 – Af/P/Af	30,75 c	7,19
T9 – Ma/P/Ma	18,95 fg	10,75
T10 – Gr/P/Gr	50,85 a	12,57
T11 – Sp/P/Sp	29,75 c	4,97
T12 – Tc/P/Tc	18,25 g	8,21
T13 – P/Af/P	24,83 d	9,01
T14 – P/Ma/P	18,99 fg	9,30
T15 – P/Gr/P	40,07 b	9,38
T16 – P/Sp/P	36,29 b	8,37
T17 – P/Tc/P	23,45 de	11,43
T18 – P/Mix 5 sp/P ¹	22,37 de	9,23
F	218,97*	

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

Verifica-se com estes resultados, que as maiores Taxas de Não Retorno em Espessura foram manifestadas pelos tratamentos que continham a espécie *Grevillea robusta* em sua composição (T10 e T15). Para estes tratamentos observa-se também uma relação entre a espécie compor a camada interna ou externa. Seria conveniente esperar que o tratamento com maior percentual de partículas de *Grevillea*, tendesse apresentar maior inchamento residual. No entanto, na prática isso não ocorreu, onde o tratamento com a *Grevillea* na camada externa liberou uma maior quantidade de tensões, apresentando a maior taxa de não retorno em espessura, e o tratamento com esta espécie na camada interna apresentou menor índice devido à restrição imposta pelo *Pinus taeda* que compôs a camada externa.

Já a melhor estabilidade dimensional neste ensaio foi apresentada pelo tratamento 12, na composição Tc/Pt/Tc, com um taxa de não retorno de 18,25%, a qual é estatisticamente igual aos tratamentos que contêm a espécie *Melia azedarach* em sua composição (T9 e T14). Esta boa estabilidade do tratamento também foi evidenciada durante o ensaio de inchamento em espessura.

Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários a estes, sendo provavelmente influenciados pelas espécies que o compunham, partículas, massa específica, razão de compactação, entre outras causas, conforme mencionado por Hann, Black e Blomquist (1963).

Quanto ao tratamento testemunha, os tratamentos 12, 9 e 14, foram respectivamente melhores em relação ao *Pinus taeda*, sendo que os dois últimos são estatisticamente iguais a este.

4.5.1.6 Variações dimensionais associadas a variações na umidade relativa

4.5.1.6.1 Painéis Homogêneos

A estabilidade dimensional ocorre quando a madeira atinge a umidade de equilíbrio higroscópico. Entretanto, variações na umidade relativa e na temperatura provocam alterações na umidade de equilíbrio e conseqüentemente alterações nas dimensões. Considerando a aplicação dos painéis de partículas para as mais diversas finalidades e nas mais diversas regiões, torna-se importante avaliar o comportamento deste produto, frente a variações climáticas. Neste contexto, os resultados obtidos a partir das diferentes umidades relativas são apresentados na Tabela 25.

TABELA 25 - VARIAÇÕES DIMENSIONAIS ASSOCIADAS A VARIAÇÕES NA UMIDADE RELATIVA DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	Variação no comprimento				Variação na espessura			
	65 - 30% ¹		65 - 85% ²		65 - 30% ³		65 - 85% ⁴	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	- 0,77 a	15,21	0,23 a	39,29	- 3,99 a	15,08	5,70 ab	6,16
T2 – Af	- 0,61 a	26,65	0,37 a	32,54	- 3,27 a	5,28	5,80 a	13,18
T3 – Ma	- 0,73 a	16,23	0,38 a	23,58	- 3,40 a	8,59	4,13 ab	22,58
T4 – Gr	- 0,65 a	8,24	0,43 a	42,01	- 4,42 a	4,27	4,80 ab	21,88
T5 - Sp	- 0,81 a	7,22	0,48 a	20,42	- 3,89 a	15,31	5,54 ab	13,83
T6 - Tc	- 0,83 a	9,36	0,51 a	15,17	- 3,65 a	20,18	3,39 ab	25,45
T7 – Mix 5 sp	- 0,55 a	8,81	0,39 a	11,90	- 3,97 a	8,41	3,17 b	13,91
F	0,44 ^{ns}		0,48 ^{ns}		1,33 ^{ns}		4,72*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Variação do comprimento associada a variação da umidade relativa de 65% a 30%; ² Variação do comprimento associada a variação da umidade relativa de 65% a 85%; ³ Variação da espessura associada a variação da umidade relativa de 65% a 30%; ⁴ Variação da espessura associada a variação da umidade relativa de 65% a 85%.

FONTE: A autora (2010)

De acordo com estes resultados, pode-se verificar que a Análise de Covariância demonstrou diferença estatística significativa entre tratamentos somente para a variação em espessura, quando houve variação de 65% para 85% de umidade relativa. Observa-se neste caso, que o tratamento 2, composto pelo *Acrocarpus fraxinifolius*, apresentou-se como o tratamento com maior expansão em espessura, no entanto, difere estatisticamente somente do tratamento 7. Considerando este tratamento, composto pelo *mix* de espécies, pode-se afirmar que é o único tratamento estatisticamente inferior ao *Pinus taeda*, sendo mais estável dimensionalmente.

Salienta-se ainda, que todos os tratamentos mostraram além de altos coeficientes de variação, elevadas variações em comprimento, onde, para a variação de umidade relativa de 65-30% todos os tratamentos ultrapassam os valores máximos estabelecidos pela referida norma. Para a variação de 65-85% verifica-se menor influência da umidade relativa, onde, os tratamentos manufaturados com as espécies *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach* e *Mix* de espécies, atenderam aos requisitos pré estabelecidos. Em relação à espécie de referência (T1) nesta última condição, observa-se que a mesma foi superior em todos os casos. Já as variações em espessura apresentaram-se dimensionalmente mais estáveis, onde nenhum dos tratamentos ultrapassou a variação máxima preconizada, que é de 6% para esta espessura.

4.5.1.6.2 Painéis Multicamadas

As variações dimensionais relacionadas à variação da umidade relativa dos painéis produzidos em camadas são apresentadas na Tabela 26.

Verifica-se que para os painéis multicamadas, a Análise de Variância também demonstrou diferença estatística significativa somente para a variação em espessura com alteração da umidade relativa de 65% para 85%.

Neste grupo e para esta variável, observa-se que todos os tratamentos foram numericamente superiores a testemunha. Considerando somente os tratamentos confeccionados em camadas, o tratamento que apresentou maior variação na espessura foi o tratamento 18, sendo estatisticamente igual aos tratamentos 8, 11, 15, 16 e 17.

TABELA 26 - VARIAÇÕES DIMENSIONAIS ASSOCIADAS A VARIAÇÕES NA UMIDADE RELATIVA DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Variação no comprimento				Variação na espessura			
	65 - 30% ²		65 - 85% ³		65 - 30% ⁴		65 - 85% ⁵	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
T1 – Pt	- 0,77 a	15,21	0,23 a	39,29	- 3,99 a	15,08	5,70 a	6,16
T8 – Af/P/Af	- 0,64 a	11,49	0,54 a	40,29	- 3,87 a	5,93	4,38 abcd	12,14
T9 – Ma/P/Ma	- 0,67 a	9,57	0,24 a	9,43	- 4,00 a	3,27	3,29 cd	9,41
T10 – Gr/P/Gr	- 0,83 a	14,33	0,49 a	34,86	- 4,12 a	5,12	3,73 bcd	9,23
T11 – Sp/P/Sp	- 0,82 a	10,93	0,51 a	38,86	- 4,34 a	21,93	4,10 abcd	8,61
T12 – Tc/P/Tc	- 0,76 a	7,52	0,52 a	18,11	- 4,00 a	2,88	3,03 d	21,81
T13 – P/Af/P	- 0,61 a	13,92	0,29 a	9,55	- 3,50 a	8,33	3,39 cd	26,23
T14 – P/Ma/P	- 0,71 a	27,75	0,43 a	30,91	- 4,15 a	15,90	3,30 cd	12,79
T15 – P/Gr/P	- 0,81 a	6,28	0,32 a	38,93	- 4,76 a	9,07	5,20 ab	18,32
T16 – P/Sp/P	- 0,74 a	25,27	0,48 a	31,37	- 4,34 a	8,24	4,94 abc	3,61
T17 – P/Tc/P	- 0,72 a	8,79	0,53 a	9,17	- 4,24 a	18,64	4,81 abc	18,99
T18 – P/Mix 5 sp/P ¹	- 0,69 a	7,67	0,29 a	32,79	- 4,00 a	2,81	5,63 a	8,74
F	1,64 ^{ns}		2,12 ^{ns}		1,27 ^{ns}		7,88*	

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp: *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna; ² Variação do comprimento associada a variação da umidade relativa de 65% a 30%; ³ Variação do comprimento associada a variação da umidade relativa de 65% a 85%; ⁴ Variação da espessura associada a variação da umidade relativa de 65% a 30%; ⁵ Variação da espessura associada a variação da umidade relativa de 65% a 85%.

FONTE: A autora (2010)

Já a maior resistência a variação dimensional diante da mudança de umidade relativa de 65% para 85% foi expressa pelo tratamento 12, o qual é estatisticamente igual aos tratamentos 8, 9, 10, 11, 13 e 14.

Da mesma forma que ocorreu nos painéis homogêneos, os painéis multicamadas, também demonstraram altos coeficientes de variação, além de variações dimensionais em comprimento superiores às propostas pela norma de

referência. Para as variações em espessura, verifica-se que em nenhuma das condições expostas os tratamentos mostraram valores superiores aos preconizados.

Em relação aos resultados disponíveis em literatura sobre variação dimensional e sua relação com as demais propriedades da madeira e dos painéis, e baseada em algumas informações mencionadas por Suchsland (1972) sobre influência da geometria da partícula na expansão linear, por Vital, Lehmann e Boone (1974), sobre influência da massa específica da madeira, por Geimer, Lehmann e McNatt (1974) sobre comprimento de partículas e Naumann *et al.*, (2008) sobre a influência da razão de compactação, afirma-se, que para esta propriedade, não é possível distinguir claramente qual foi o fator de maior influência, mas sim, que houve um conjunto de interações entre as diversas variáveis existentes.

4.5.2 Propriedades Mecânicas

4.5.2.1 Resistência a Flexão Estática

4.5.2.1.1 Painéis Homogêneos

As propriedades mecânicas são de extrema importância para caracterização de materiais. Em painéis de madeira, assumem papel fundamental, pois através delas, é possível verificar se um determinado produto apresenta os requisitos mínimos estabelecidos por normas e conseqüentemente aptidão as mais diversas aplicações.

Desta forma, os resultados obtidos para o Módulo de Ruptura e para o Módulo de Elasticidade a partir do ensaio de flexão estática dos painéis em constituição homogênea são apresentados na Tabela 27.

TABELA 27 - VALORES MÉDIOS DO MÓDULO DE RUPTURA E MÓDULO DE ELASTICIDADE DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	MOR ¹		MOE ¹	
	Média (MPa)	CV (%)	Média (MPa)	CV (%)
T1 – Pt	11,17 d	17,13	1581,11 d	17,00
T2 – Af	18,19 b	19,92	2134,19 b	19,58
T3 – Ma	18,56 ab	22,85	2191,60 b	20,32
T4 – Gr	7,04 e	30,03	1474,57 d	25,74
T5 - Sp	15,70 c	22,25	1973,19 c	23,45
T6 - Tc	19,83 a	24,31	2427,31 a	23,94
T7 – Mix 5 sp	15,40 c	23,63	2072,67 bc	20,17
F	166,76*		96,81*	

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Valores ajustados por ANCOVA para uma massa específica aparente de 0,694 g/cm³; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ² Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

Nota-se a partir dos resultados do Módulo de ruptura, que o Tratamento 6, composto pela *Toona ciliata*, juntamente com o Tratamento 3, formado pela *Melia azedarach* são estatisticamente superiores aos demais.

O excelente resultado apresentado pela *Toona ciliata*, pode ser justificado pela elevada razão de compactação que a espécie apresentou durante a consolidação do painel. Embora esta espécie tenha apresentado o maior teor de extrativos durante a realização das análises químicas (10,33%), pode-se afirmar que os tipos de extrativos que compõem as substâncias de baixo peso molecular da

espécie não exerceram influência negativa sobre a polimerização do adesivo. Considerando as características das partículas, esta espécie apresentou valores médios intermediários para a razão de esbeltez, e a menor disponibilidade de resina entre as espécies estudadas, mas o que pode ter favorecido o elevado desempenho do painel quanto a esta propriedade é a razão de planicidade. Segundo Saldanha (2004) a planicidade das partículas favorece o processo de aplicação da resina, a formação do colchão e área de contato entre as partículas, ou seja, quanto maior a razão de planicidade melhores são as condições de distribuição da resina.

Já o ótimo resultado apresentado pela *Melia azedarach* pode estar atrelado a características químicas e à geometria das partículas. Esta espécie apresentou o menor teor de extrativos o que pode ter contribuído significativamente na adesão entre as partículas. Além deste fator, verifica-se que esta mesma espécie gerou durante o processamento, partículas com a maior razão de esbeltez, menor área superficial específica e conseqüentemente maior disponibilidade de resina. De acordo com Kelly (1977), Moslemi (1974), Vital, Haselein e Della Lucia (1992), Maloney (1993), Iwakiri (2005), painéis produzidos com partículas que apresentam elevado índice de esbeltez, normalmente apresentam propriedades elevadas no ensaio de flexão estática.

Por outro lado, baixos resultados de módulo de ruptura foram obtidos para o Tratamento 4, confeccionado a partir da espécie *Grevillea robusta*, que se apresentou estatisticamente inferior as demais. A provável justificativa para a baixa resistência mecânica está relacionada a elevada quantidade de parênquima radial, que gerou partículas mais fracas e também ao elevado teor de extrativos solúveis em etanol-tolueno, que se caracterizam em ceras, óleos e gorduras e que podem ter interagido com o adesivo e afetado as reações de polimerização (Silva *et al.*, 2007) comprometendo neste caso a qualidade dos painéis produzidos (MARRA, 1992).

Em relação ao Módulo de Elasticidade, verifica-se também, que o tratamento 6, produzido com a *Toona ciliata*, foi estatisticamente superior as demais, e o

tratamento 4 confeccionado com a *Grevillea robusta*, apresentou o menor módulo de elasticidade, sendo ambos, justificados pelos mesmos fatores mencionados na discussão relativa ao módulo de ruptura.

Considerando o tratamento 7, composto pela mistura das 5 espécies, consideradas neste trabalho alternativas ao *Pinus taeda*, observa-se que devido ao balanceamento da massa específica da madeira, as propriedades de resistência também mostraram-se balanceadas, com valores intermediários entre as resistências apresentadas por cada espécie em sua forma pura.

Nota-se ainda elevados coeficientes de variação para as duas propriedades, significando que a deposição de partículas não foi totalmente homogênea e gerou diferentes massas específicas no painel, as quais influenciaram as propriedades de resistência e requereram análise de covariância.

Em relação à espécie tradicionalmente utilizada para a produção de painéis de madeira aglomerada, e que serve como referência para diversos estudos, verifica-se que as espécies *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata* demonstraram módulos de ruptura e elasticidade mais elevados quando comparados ao *Pinus taeda*. Para as espécies *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata*, este resultado pode ser atribuído em parte, pela elevada razão de compactação gerada pelas condições específicas deste trabalho.

Em referência aos requisitos exigidos pela Norma EN 312:2003, para os módulos de ruptura e elasticidade (13 MPa e 1600 MPa, respectivamente) os painéis produzidos com estas quatro espécies apresentaram resultados médios superiores, e o tratamento 4, devido a baixa resistência mecânica, não apresentou os requisitos mínimos especificados para estas propriedades.

4.5.2.1.2 Painéis Multicamadas

Os resultados obtidos para a o Módulo de Ruptura e para o Módulo de Elasticidade a partir dos painéis confeccionados em camadas, são apresentados na Tabela 28.

TABELA 28 - VALORES MÉDIOS DO MÓDULO DE RUPTURA E MÓDULO DE ELASTICIDADE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	MOR		MOE	
	Média (MPa)	CV (%)	Média (MPa)	CV (%)
T1 – Pt	12,79 ef	17,13	1787,88 e	17,00
T8 – Af/P/Af	16,36 bc	24,21	2247,35 bc	19,53
T9 – Ma/P/Ma	16,93 ab	21,15	2405,19 ab	19,32
T10 – Gr/P/Gr	10,87 fg	20,81	1877,86 e	16,45
T11 – Sp/P/Sp	16,38 bc	19,04	2136,71 cd	17,02
T12 – Tc/P/Tc	18,73 a	19,73	2528,89 a	21,30
T13 – P/Af/P	16,97 ab	15,39	2199,10 bc	14,95
T14 – P/Ma/P	16,04 bcd	19,76	1954,73 de	18,10
T15 – P/Gr/P	10,51 g	20,41	1755,05 e	19,31
T16 – P/Sp/P	14,39 de	24,50	1915,92 de	20,71
T17 – P/Tc/P	15,55 bcd	16,03	1791,75 e	14,97
T18 – P/Mix 5 sp/P	14,67 cde	22,68	1877,69 e	24,09
F	10,15*		6,98*	

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 28, observa-se que a Análise de Variância demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos analisados.

Para o módulo de ruptura, o tratamento 12 mostrou-se superior, no entanto, não diferiu estatisticamente dos tratamentos 9 e 13. Considerando a Tabela 16, que apresenta os resultados das massas específicas e razões de compactação para estes painéis, é possível afirmar que estes resultados não estão diretamente relacionados a estes dois fatores, mas sim a um conjunto de fatores que envolve a espécie, propriedades químicas, características das partículas e principalmente o perfil de densidade formado durante a consolidação do painel.

O menor resultado para o módulo de ruptura foi obtido para o tratamento 15, que não difere estatisticamente do tratamento 10, e ambos apresentam em sua constituição a espécie *Grevillea robusta*. Entre estes, verifica-se que o tratamento com maior percentual de partículas de *Grevillea* proporcionou a menor resistência, evidenciando neste caso, a provável influência negativa das características da espécie.

Em relação a rigidez dos painéis, observa-se, que o tratamento 12, juntamente com o tratamento 9, demonstraram superioridade estatística em relação aos demais. O menor valor para esta propriedade foi demonstrado pelos tratamentos 15, 17, 18, 10, 16 e 14 respectivamente, sendo estes, estatisticamente iguais entre si.

Em uma breve análise sobre os valores de razão de compactação, Moslemi (1974) relatou que painéis produzidos com espécies de baixa massa específica geralmente apresentaram maior resistência à flexão e melhor módulo de elasticidade, quando comparados com painéis obtidos de espécies de alta massa específica. No entanto, este fato não foi totalmente evidenciado neste trabalho. Observa-se que os tratamentos constituídos pelo *Schizolobium parahyba*, em cada conjunto de dados, sempre proporcionou a maior razão de compactação, mas em nenhum dos casos de MOR e MOE apresentou-se superior. Este fato, inicialmente esperado, pode ser justificado em virtude do menor índice de esbeltez e da maior espessura das partículas. Segundo Lehmann (1974) ocorre uma redução no MOR com o aumento da espessura das partículas, e Geimer e Price (1978)

complementaram que, as propriedades de flexão estática dos painéis de madeira aumentam diretamente com o comprimento das partículas, devido às características geométricas das próprias partículas e sua capacidade em suportar esforços de flexão.

Em relação à adição do *Pinus taeda* nas camadas interna e externa, não é possível identificar entre estas duas, qual é a melhor conformação para todas as espécies, mas cada composição deve ser analisada separadamente em função da disponibilidade da matéria prima e das propriedades requeridas.

Em comparação com o tratamento testemunha, nota-se que, exceto o tratamento 15, todos os demais tratamentos são estatisticamente iguais ou superiores ao *Pinus taeda*. Considerando a Norma EN 312:2003, e os requisitos mínimos para os módulos de ruptura e elasticidade (13 MPa e 1600 MPa, respectivamente), exceto os tratamentos 10 e 15 que apresentam a espécie *Grevillea robusta* em sua composição, todos os demais apresentaram-se adequados.

4.5.2.2 Tração Perpendicular a Superfície

4.5.2.2.1 Painéis Homogêneos

Os resultados obtidos a partir do ensaio de tração perpendicular a superfície para os painéis homogêneos encontram-se sumarizados na Tabela 29.

De acordo com os resultados apresentados nesta Tabela, verifica-se que a Análise de Covariância demonstrou a existência de diferença estatística significativa entre os tratamentos. Além disso, verifica-se que os valores para esta propriedade variaram entre 0,61 MPa e 1,88 MPa.

TABELA 29 - VALORES MÉDIOS DE TRAÇÃO PERPENDICULAR A SUPERFÍCIE DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	Tração Perpendicular à Superfície ¹	
	Média (MPa)	CV (%)
T1 – Pt	1,05 e	13,42
T2 – Af	1,50 c	10,99
T3 – Ma	1,88 a	9,99
T4 – Gr	0,61 f	15,57
T5 - Sp	1,34 d	11,97
T6 - Tc	1,64 b	9,98
T7 – Mix 5 sp ²	1,09 e	13,64
F	228,54*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Valores ajustados por ANCOVA para uma massa específica aparente de 0,732 g/cm³; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ² Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

Nesta composição, o tratamento 3 apresentou o maior valor para o ensaio de tração, sendo estatisticamente diferente dos demais. Este elevado resultado para esta propriedade a partir desta espécie pode ser justificado pela geometria das partículas, as quais caracterizaram a menor área superficial específica e a maior disponibilidade de resina, e pelo baixo teor de extrativos que permitiram um bom desempenho na colagem.

Por outro lado, o menor resultado foi apresentado pelo tratamento 4, composto pela espécie *Grevillea robusta*. Como em resultados anteriores, este tratamento também demonstrou baixo desempenho, sendo justificado pelas características anteriormente descritas.

Em relação aos requisitos propostos pela norma EN 312:2003, pode-se afirmar que todos os tratamentos apresentaram o valor mínimo exigido que é de 0,35 MPa e considerando o tratamento testemunha, exceto o tratamento confeccionado

com a espécie *Grevillea robusta*, todos os demais apresentaram-se superiores a aos painéis produzidos com a espécie tradicionalmente utilizada nos processos industriais.

4.5.2.2 Painéis Multicamadas

Na Tabela 30 são apresentados os resultados obtidos a partir do ensaio de tração perpendicular a superfície para os painéis confeccionados em camadas.

TABELA 30 - VALORES MÉDIOS DE TRAÇÃO PERPENDICULAR A SUPERFÍCIE DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Tração perpendicular a Superfície	
	Média (MPa)	CV (%)
T1 – Pt	1,20 ab	13,42
T8 – Af/P/Af	1,18 abc	10,06
T9 – Ma/P/Ma	1,22 a	12,02
T10 – Gr/P/Gr	0,69 f	21,92
T11 – Sp/P/Sp	1,05 cd	13,52
T12 – Tc/P/Tc	0,97 d	10,84
T13 – P/Af/P	1,07 bcd	12,17
T14 – P/Ma/P	0,97 d	16,95
T15 – P/Gr/P	0,83 e	15,59
T16 – P/Sp/P	1,19 ab	8,92
T17 – P/Tc/P	0,95 de	12,28
T18 – P/Mix 5 sp/P	1,06 bcd	15,46
F		28,97*

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 30, verifica-se que a Análise de Variância apresentou diferença estatística entre tratamentos, com valores entre 0,69 e 1,22 MPa, onde o tratamento 9, juntamente com os tratamentos 1, 16 e 8, respectivamente, apresentaram os maiores valores, sendo estatisticamente superiores aos demais. Em relação ao menor desempenho, verifica-se que o tratamento 10, foi estatisticamente inferior aos demais.

Vale salientar que os tratamentos 10 e 15, ambos compostos pela alternância da *Grevillea robusta* e do *Pinus taeda* nas camadas interna e externa, apresentaram ruptura exatamente no local de transição das camadas. Este comportamento pode ser explicado pelas diferentes características entre espécies, principalmente das partículas, que ao alternar as camadas, possivelmente, tiveram um contato entre partículas fragilizado. Situação similar foi encontrada por Gouveia, Vital e Santana (2003), que avaliando tipos de estrutura de colchão e níveis de resina observaram ruptura na transição entre as partículas de *Pinus* e de *Eucalyptus*, devido principalmente a diferença de massa específica entre espécies e a menor interatividade entre a madeira de *Eucalyptus* e o adesivo.

Considerando os requisitos preconizados pela Norma EN 312:2003, verifica-se que todos os tratamentos atingiram a resistência mínima a tração perpendicular, estando sob este aspecto, aptos para aplicações em interiores em condição seca, incluindo móveis, no entanto, quando comparados com o tratamento de referência, somente os tratamentos 8, 9, 13, 16 e 18, apresentam propriedade de adesão estatisticamente similar.

4.5.2.3 Resistência ao Arrancamento de Parafuso

4.5.2.3.1 Painéis Homogêneos

Os resultados obtidos a partir do ensaio de Arrancamento de Parafuso dos painéis homogêneos são apresentados na Tabela 31.

TABELA 31 - VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA SUPERFÍCIE E NO TOPO DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS

Tratamento	Superfície ¹		Topo ²	
	Média (N)	CV (%)	Média (N)	CV (%)
T1 – Pt	1206,71 de	14,10	1295,95 cd	7,92
T2 – Af	1505,13 bcd	18,45	1571,62 b	6,87
T3 – Ma	2003,60 a	14,09	2005,85 a	8,73
T4 – Gr	920,16 e	23,87	735,20 e	11,00
T5 - Sp	1244,46 cde	20,44	1244,27 d	7,07
T6 - Tc	1705,57 ab	15,63	1493,26 bc	9,65
T7 – Mix 5 sp	1560,04 ab	12,56	1377,54 cd	14,94
F	43,52*		76,25*	

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ¹ Valores sem necessidade de ajuste da massa específica; ² Valores ajustados por ANCOVA para uma massa específica aparente de 0,693 g/cm³; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ² Tratamento composto pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, na proporção de 20% por espécie.

FONTE: A autora (2010)

A partir destes resultados é possível observar que o tratamento 3, composto pela *Melia azedarach* demonstrou a maior resistência ao arrancamento de parafuso tanto na superfície quanto no topo, sendo que no ensaio de superfície, este tratamento é estatisticamente igual ao tratamento 6 e 7.

Em relação a menor resistência, percebe-se que o tratamento 4 foi o de menor desempenho, em ambos os lados ensaiados, sendo que para a superfície este tratamento é estatisticamente igual ao tratamento 1 e 5.

Considerando que o ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso foi efetuado de acordo com os procedimentos preconizados na Norma ABNT NBR 14810-3:2006, os resultados obtidos foram comparados com os requisitos descritos na Norma NBR 14810-2:2006, onde todos os tratamentos atingiram os requisitos mínimos necessários, exceto o tratamento 4. Em relação ao *Pinus taeda*, percebe-se também a mesma tendência, onde exceto o tratamento composto pela *Grevillea*, todas as demais espécies e mix de espécies foram estatisticamente iguais ou superiores.

4.5.2.3.2 Painéis Multicamadas

Os valores médios obtidos a partir do ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso dos painéis multicamadas podem ser visualizados na Tabela 32.

Considerando a referida tabela, observa-se que a Análise de Variância demonstrou a existência de diferença estatística entre os tratamentos avaliados, onde os valores variaram de 1820,21 N a 1092,17 N na superfície e 1775,00 N a 1025,38 N no topo.

No ensaio realizado na superfície, o tratamento 14 apresentou-se superior, sendo estatisticamente igual aos tratamentos 9, 13, 17 e 18. Para o ensaio realizado no topo verifica-se novamente que o tratamento 14 foi superior, sendo neste caso, estatisticamente igual aos tratamentos 13 e 17.

TABELA 32 - VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA SUPERFÍCIE E NO TOPO DOS PAINÉIS MULTICAMADAS

Tratamento	Superfície		Topo	
	Média (N)	CV (%)	Média (N)	CV (%)
T1 – Pt	1206,71 cd	14,10	1314,88 de	7,92
T8 – Af/P/Af	1409,22 bcd	14,09	1323,90 de	10,74
T9 – Ma/P/Ma	1632,51 ab	11,34	1467,08 bcd	10,25
T10 – Gr/P/Gr	1092,17 d	16,57	1193,58 ef	11,19
T11 – Sp/P/Sp	1367,34 bcd	15,26	1165,23 ef	9,27
T12 – Tc/P/Tc	1467,73 bc	16,31	1178,47 ef	13,82
T13 – P/Af/P	1596,23 ab	19,19	1684,39 ab	12,32
T14 – P/Ma/P	1820,21 a	16,73	1775,00 a	12,83
T15 – P/Gr/P	1149,73 cd	13,10	1025,38 f	16,24
T16 – P/Sp/P	1321,94 bcd	13,29	1219,36 ef	10,63
T17 – P/Tc/P	1596,92 ab	10,51	1601,13 abc	7,95
T18 – P/Mix 5 sp/P	1539,74 ab	12,01	1396,17 cde	12,39
F		9,58*		18,91*

NOTAS: Médias seguidas de uma mesma letra em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; Pt: *Pinus taeda*; Af: *Acrocarpus fraxinifolius*; Ma: *Melia azedarach*; Gr: *Grevillea robusta*; Sp; *Schizolobium parahyba*; Tc: *Toona ciliata*; ¹ Tratamento composto por *Pinus* na Camada externa e pelas espécies Pt, Af, Ma, Gr, Sp, Tc, com proporção de 12% por espécie na camada interna.

FONTE: A autora (2010)

Em termos de menor resistência, os tratamentos 1, 8, 10, 11, 15 e 16 são estatisticamente iguais entre si, considerando o lado superfície. Para o topo, os tratamentos 10, 11, 12, 15 e 16 demonstram que são estatisticamente inferiores.

Em relação aos requisitos mínimos para a conformidade e aprovação do produto, nenhum tratamento apresentou resistência inferior no topo, mas considerando a superfície, os tratamentos 10 e 15, apresentaram resistências inferiores às especificadas, sendo ambos reprovados.

Em termos gerais e considerando os lados superfície e topo, normalmente a superfície tende a apresentar os maiores resultados de resistência, devido

principalmente ao gradiente de densidade formado durante o processo de prensagem e a localização do parafuso no ensaio de topo estar localizado exclusivamente no centro do painel, onde geralmente ocorre a menor densificação. No entanto, esta relação não é evidenciada em todos os tratamentos, sendo justificada pela desuniformidade na deposição das partículas durante a formação manual do colchão. Relacionando os dois conjuntos de resultados, percebe-se que para os tratamentos em constituição homogênea os tratamentos 1, 2 e 3 não seguiram a esta regra, e para os painéis constituídos em camadas, os tratamentos 10, 13 e 17 demonstraram menor resistência na superfície.

Outro fato a ser discutido, refere-se a influência da razão de compactação. Embora uma maior razão de compactação tenda a reduzir os espaços vazios no painel e promover um maior contato entre as partículas, gerando assim uma maior resistência mecânica, pode-se perceber que os tratamentos que geraram a maior razão de compactação não foram necessariamente os que apresentaram as melhores resistências, sendo portanto, necessário, incluir nesta abordagem a disponibilidade de resina, a qual pelo maior volume de partículas pode ter estabelecido ligações mais frágeis entre partículas.

4.6 RESUMO DAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS HOMOGÊNEOS E MULTICAMADAS

A Tabela 33 apresenta um resumo das propriedades físicas e mecânicas obtidas neste trabalho, juntamente com as indicações do atendimento ou não das respectivas normas de referência.

TABELA 33 – RESUMO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS OBTIDAS PARA OS PAINÉIS HOMOGENEOS E MULTICAMADAS

Tratamento	ME (g/cm ³)	TU (%)	AA 24h ¹ (%)	IE 24h ¹ (%)	TNRE ¹ (%)	Variação Dimensional				Perfil de Densidade			Flexão Estática		Tração MPa	RAP	
						Comprimento		Espessura		Média (g/cm ³)	Min. (g/cm ³)	Max. (g/cm ³)	MOR MPa	MOE MPa		Superf. N	Topo N
						65-30 (%)	65-85 (%)	65-30 (%)	65-85 (%)								
T1 – Pt	0,778	10,22	27,82	18,56	21,50	- 0,77	0,23	- 3,99	5,70	0,726	0,685	0,845	12,79	1787,88	1,05	1206,71	1314,88
T2 – Af	0,754	9,50	52,53	24,58	31,27	- 0,61	0,37	- 3,27	5,80	0,696	0,684	0,780	18,19	2134,19	1,50	1505,13	1571,62
T3 – Ma	0,744	9,95	32,06	17,79	18,76	- 0,73	0,38	- 3,40	4,13	0,687	0,682	0,743	18,56	2191,60	1,88	2003,60	2005,85
T4 – Gr	0,781	9,60	40,64	25,98	91,81	- 0,65	0,43	- 4,42	4,80	0,726	0,707	0,796	7,04	1474,57	0,61	920,16	735,20
T5 – Sp	0,729	9,39	68,70	29,76	37,38	- 0,81	0,48	- 3,89	5,54	0,671	0,611	0,824	15,70	1973,19	1,34	1244,46	1244,27
T6 – Tc	0,719	9,95	37,46	16,78	13,02	- 0,83	0,51	- 3,65	3,39	0,666	0,604	0,806	19,83	2427,31	1,64	1705,57	1493,26
T7 – Mix 5 sp	0,793	9,56	32,45	18,82	26,56	- 0,55	0,39	- 3,97	3,17	0,728	0,702	0,819	15,40	2072,67	1,09	1560,04	1377,54
T8 – Af/P/Af	0,779	9,94	36,78	21,51	30,75	- 0,64	0,54	- 3,87	4,38	0,713	0,675	0,821	16,36	2247,35	1,18	1409,22	1323,90
T9 – Ma/P/Ma	0,793	10,09	25,95	17,44	18,95	- 0,67	0,24	- 4,00	3,29	0,728	0,703	0,806	16,93	2405,19	1,22	1632,51	1467,08
T10 – Gr/P/Gr	0,795	9,97	36,63	22,16	50,85	- 0,83	0,49	- 4,12	3,73	0,729	0,674	0,831	10,87	1877,86	0,69	1092,17	1193,58
T11 – Sp/P/Sp	0,778	9,87	36,42	20,84	29,75	- 0,82	0,51	- 4,34	4,10	0,715	0,656	0,872	16,38	2136,71	1,05	1367,34	1165,23
T12 – Tc/P/Tc	0,795	10,21	27,19	16,36	18,25	- 0,76	0,52	- 4,00	3,03	0,727	0,665	0,881	18,73	2528,89	0,97	1467,73	1178,47
T13 – P/Af/P	0,800	9,66	30,13	17,26	24,83	- 0,61	0,29	- 3,50	3,39	0,739	0,700	0,840	16,97	2199,10	1,07	1596,23	1684,39
T14 – P/Ma/P	0,791	10,42	24,86	16,68	18,99	- 0,71	0,43	- 4,15	3,30	0,729	0,714	0,814	16,04	1954,73	0,97	1820,21	1775,00
T15 – P/Gr/P	0,800	9,91	29,44	14,59	40,07	- 0,81	0,32	- 4,76	5,20	0,770	0,750	0,837	10,51	1755,05	0,83	1149,73	1025,38
T16 – P/Sp/P	0,781	9,65	49,42	26,29	36,29	- 0,74	0,48	- 4,34	4,94	0,712	0,655	0,832	14,39	1915,92	1,19	1321,94	1219,36
T17 – P/Tc/P	0,783	10,29	30,55	18,93	23,45	- 0,72	0,53	- 4,24	4,81	0,723	0,700	0,836	15,55	1791,75	0,95	1596,92	1601,13
T18 – P/Mix 5 sp/P	0,774	10,07	29,55	17,84	22,37	- 0,69	0,29	- 4,00	5,63	0,712	0,706	0,808	14,67	1877,69	1,06	1539,74	1396,17
EN 312:2003	-	-	-	-	-	0,40	0,40	6	6	-	-	-	13	1600	0,35		
NBR 14810-2:2006																1020	800

NOTAS: Classificação do Produto: Tipo 1 e Tipo 2. ¹ A Norma não dispõem de requisitos mínimos para esta propriedade neste produto; Valores em vermelho não atenderam os requisitos prescritos pela normas de referência.

5 CONCLUSÕES

Com base nas análises efetuadas e resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho é possível apresentar as seguintes conclusões:

- As espécies apresentam rápido crescimento, onde a *Melia azedarach* e o *Schizolobium parahyba* demonstraram o maior potencial para a produção de grandes volumes de madeira. As demais espécies não apresentaram grande produtividade volumétrica provavelmente em função da adaptação e da ausência de técnicas silviculturais.
- As espécies estudadas foram classificadas como leves ou de baixa massa específica, apresentando-se adequadas à produção de painéis de madeira aglomerada.
- A análise química demonstrou que as espécies estudadas não possuem propriedades químicas inibidoras, que possam inviabilizar a produção de painéis de partículas, a exceção da *Grevillea robusta*, que apresentou elevado teor de substâncias solúveis em etanol-tolueno, o qual, possivelmente está relacionado a aspectos anatômicos (parênquima radial) e que de alguma forma, exerceram influência negativa sobre a polimerização do adesivo.
- As espécies *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata* apresentaram-se adequadas à produção de painéis de madeira aglomerada, e, de modo geral, apresentaram propriedades tecnológicas superiores a espécie tradicionalmente utilizada para a produção de painéis de madeira aglomerada, o *Pinus taeda*.
- Exceto a *Grevillea robusta*, todas as demais espécies estudadas apresentaram propriedades físicas e mecânicas de acordo com as especificações propostas pela Norma EN 312:2003 apresentando

potencialidade para utilização em processos industriais de painéis de madeira aglomerada.

- A utilização das diferentes espécies em conjunto com o *Pinus taeda* na composição em camadas, indicou viabilidade técnica quando se utilizou as espécies *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata*, tanto na camada interna quanto na camada externa, ampliando a diversificação de uso da matéria prima nos processos industriais.
- A utilização das cinco espécies em mistura mostrou-se viável, com propriedades físicas e mecânicas intermediárias às propriedades dos painéis produzidos com cada espécie isoladamente, além de resultados superiores aos exigidos pelas Normas EN e NBR e em alguns casos, ao *Pinus taeda*.
- As espécies *Melia azedarach* e *Toona ciliata* foram às espécies de maior destaque e potencialidade para a produção de painéis de madeira aglomerada.

6 RECOMENDAÇÕES

Com base nas conclusões obtidas, as seguintes recomendações podem ser apresentadas.

- Avaliação das espécies *Schizolobium parahyba* e *Toona ciliata* para produção de painéis isolantes devido à baixa massa específica básica apresentada por ambas.
- Avaliação da viabilidade de uso destas espécies para produção de outros tipos de painéis reconstituídos, como Compensados, OSB, EGP e MDF.
- Utilização das espécies para produção de painéis em camadas graduadas, considerando disponibilidade de resina entre partículas da camada interna e externa, podendo melhorar ainda mais a qualidade dos painéis.
- Produção de painéis de madeira aglomerada a partir destas espécies, com uma razão de compactação constante, e entre os valores mencionados em literatura.
- Produção de painéis de madeira aglomerada a partir destas espécies, com menores densidades nominais, avaliando a influência da disponibilidade de resina.
- Introdução destas espécies em grandes áreas de florestas plantadas, para fins de utilização nas indústrias de painéis de partículas, uma vez que foi assegurada a qualidade e as propriedades do produto final, bem como para outras utilizações.
- Estudos de adaptação e programas de melhoramento genético para as espécies *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, tendo em vista suas grandes potencialidades silviculturais e tecnológicas.

REFERÊNCIAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2008**. Disponível em <www.abimci.com.br/dmdocuments/ABIMCI_Estudo_Setorial_2007.pdf>. Acesso em 12/01/2010.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2007**, 40p., 2007.

ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/meioambiente.php>> Acesso em 25/01/2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810 – 1 – Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 1 – Terminologia**. 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810 – 2 – Chapas de madeira aglomerada – Parte 2 – Requisitos**. 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810 – 3 – Chapas de madeira aglomerada – Parte 3 – Métodos de Ensaio**. 2006.

ABREU, H. S.; NASCIMENTO, A. M.; MARIA, A. N. Lignina structure and Wood properties. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 31, n. 4, p. 426-433, 1999.

AGROTERRA (2010). Disponível em: <<http://www.agroterra.com.br>> Acesso em 25/01/2010.

ALBERTO, M. M. M. **Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

ALBIN, R. A. Determinacion del pH en diversas especies de los renovales de la provincial de Valdivia. **Bosque**, v. 1, n. 1, p. 3-5, 1975.

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ALLAN, D. Manufacturing considerations of particle board requirements for Furniture applications. Particleboard – today and tomorrow. In: **International Particle Board Symposium**, 1978, p. 304-325.

ALMEIDA, G. B. **Criação contínua de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) com dieta artificial**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia, Manaus, 2005.

ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ANDRADE, C. **Estudo de nove espécies de folhosas para fins energéticos**. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ANDRADE, A. S.; *et al.*, Composição química quantitativa da madeira e qualidade do papel de *Pinus taeda* L. In: **X EVINCI**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p.62. 2002.

ANUARIO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL. **Características físicas e mecânicas da madeiras do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 202-212, 1951.

ARAUJO, S. A. *et al.* Usos potenciais de *Melia azedarach* L. (*Meliaceae*): Um levantamento. **Arq. Inst. Biol.** v. 76, n.1, p. 141-148, 2009.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM standards: Adhesives**. Washington D. C.: 1994. 608 p.

BAGGIO, A. J. Sistema agroflorestal grevilea x café: início de nova era na agricultura paranaense? EMBRAPA, Curitiba, 1983, **Circular técnica**, 09, 15 p.

BARBOSA, A. P. *et al.* Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 42-61, 2001.

BARTOSZECK, A. C. P. S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em Bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BATISTA, D. C. *et al.* Fabricação de aglomerados de três camadas com madeira de *Pinus elliottii* e casca de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Cerne**, v. 13, n.2, p. 178-187, 2007.

BATCHER, M.S. **Element Stewardship Abstract for *Melia azedarach***. The Nature Conservancy. Disponível em < <http://www.imapinvasives.org>>. Acesso em 12/01/2010.

BEKHTA, P.; S. HIZIROGLU. Theoretical approach on specific surface area of wood particles. **Forest Products Journal**, v. 52 n. 4, p. 72-76, 2002.

BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, v. 28, n. 10, p. 61-72, 1978.

BENITEZ *et al.* Estimación del crecimiento y producción de una plantación de paraíso gigante (*Melia azedarach* var. *gigantea*) sin riego em la Provincia de Santiago del Estero, Argentina) **Quebracho**, n. 9 p. 127-140, 2002.

BIANCHETTI, A; RAMOS, A. Quebra de dormência de sementes de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 3, p. 69-76, 1981, Colombo.

BINDER, K. A. Resin application and quality in particleboard manufacture. In: **Symposium on Particleboard**, 1st, 1967, p. 235-250.

BITTENCOURT, E. **Parâmetros de otimização no processo de fabricação de celulose e papel**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

BOBADILLA, E. A. **Durabilidad natural de la madera de cinco espécies aptas para la industria de la construcción**. 118 f. (Maestria em Tecnologia de Madera, Celolosa y Papel) Universidad Nacional de Misiones, Misiones, 2004.

BODIG, J. & JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Krieger Publ. Malabar, 712 p. 1982.

BOLETIM FLORESTAL. Cedro australiano: Valorização de espécies nobres. **Boletim Florestal**: Informativo Florestal do Norte Pioneiro. Ed. 7, Ano 2, Fevereiro de 2008 p. 2-4.

BORTOLETO JUNIOR, G. BELINI, Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de Guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. **Cerne**, v. 8, n.2, p. 1-16, 2002.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. 4th ed. Ames: Iowa State Press, 554 p., 2003.

BRITO, E. O. *et al.* Chapas de madeira aglomerada de uma camada de *Pinus elliottii* Engelm com a adição das cascas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Cerne**, v. 11, n. 4, p. 369-375, 2005.

BRITO, E. O.; SILVA, G. C. Propriedades de chapas de partículas produzidas a partir de *Gmelina arborea* Linn Roxb. e *Samanea saman* (Jacq.) Merr. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p.127–134, 2002.

BRITO, E. O. **A Viabilidade de utilização de espécies de *Pinus* para a produção de chapas de composição estruturais “waferboards”**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

Browing, B. L. **The Chemistry of Wood**. New York, Interscience, 1963.

BRUM, E. T. **Relações entre a altura dominante e fatores do sítio, em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na Região de Ponte Alta do Norte, SC**. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.

BRUMBAUGH, J. Effect of flake dimension on properties of particleboards. **Forest Products Journal**, v. 10, n. 5, p. 243-246, 1960.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo. Livraria Nobel S.A. 154 p. 1991.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5 ed. , Ed. Saraiva, 526 p. SP, 2002.

CABEL, S. R. **Micropopagação do Cinamomo (*Melia azedarach* L.)** 96 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CABRAL, C. P. *et al.* Propriedades de chapas de aglomerado confeccionadas com misturas de partículas de *Eucalyptus sp.* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.897-905, 2007.

CAI, Z. *et al.* Effects of press sizes on internal steam pressure during particleboard hot-pressing process. **Forest Products Journal**, v. 59, n. 4, p.40-44, 2009.

CANTO, J. L.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento da *Grevillea robusta* A. Cunn. na depressão central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 29-35, 2004.

CARDOSO, D. J. **Avaliação da influência dos fatores de sítio, idade, densidade e posição sociológica na relação hipsométrica para *Pinus taeda* nas Regiões Central e Sudoeste do Estado do Paraná.** 105 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

CARNEIRO, A. C. O. *et al.* Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e uréia-formaldeído. **Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.521-531, 2009.

CARPANEZZI, A. A. *et al.* **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** EMBRAPA CNPF, 113 p., 1988.

CARPINETI, L. Importancia de la Silvicultura Clonal. **IDIA XXI Forestales.** Año v, n. 8, 2005, p. 153-156.

CARRIJO, P. R. M.; BOTREL, M. C. G.; FAGUNDES, R. S.; Avaliação da distribuição da normalidade de dados do diâmetro a altura do peito em florestas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na Região de Cascavel – PR, **Cascavel**, v. 1, n. 1, p. 95-106, 2008.

CARVALHO, P. E. Guapuruvu, **Circular Técnica**, 104, Embrapa Florestas, 2005, 10 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras: recomendações silviculturais de espécies florestais.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Colombo: EMBRAPA/ CNPF, 2003. v. 1, 1039.

CARVALHO, P. E. Espécies introduzidas alternativas às do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* para reflorestamento no Centro-sul do Brasil. In: GALVÃO, A. P. M. (Coord.) **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**, Colombo; Embrapa Florestas, 1998, p. 75-99.

CATIE, Centro Agronomico Tropical de Investigacion Y Enseñanza, Silvicultura de espécies promisoras para produccion de leña em America Central. **Informe Técnico** n. 86, Turrialba, 1986, 219 p.

CHEN, C. L. The physical properties of 101 chinese woods. **Forest Products Journal**, v. 12, n. 7, p. 339-342, 1962.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CIBP. **Árvores históricas na paisagem de Curitiba.** Centro de Ilustração Botânica do Paraná, Curitiba, 2005, 64 p.

CIFLORESTAS (2010). Disponível em: <[http:// www.ciflorestas.com.br/image/cedro](http://www.ciflorestas.com.br/image/cedro)> Acesso em 25/01/2010.

CLOUTIER, A. Oriented Strand Board (OSB): Raw material, manufacturing process, properties, and uses. In: Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia e Encontro sobre Tecnologia Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte, 1998. p. 173-185.

COELHO A. *et al.* Influencia de substratos na formação de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 2, p. 149-152, 2006.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT 458.** Maderas – Selección y colección de muestras. 1972.

Comissão Panamericana de Normas Técnicas. **COPANT 461.** Determinación del peso específico aparente. 1972.

CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill Ex- Maiden.** 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**, 2 ed., SP, Ed. Blücher, 2002, 266p.

COSTAS, R. A. *et al.* Producción y sanidad de *Melia azedarach* L. con control de densidad y aplicación de antibióticos. **XX Jornadas Forestales de Entre Rios**. 2005.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. .M.; LACERDA, J. S. Comparação de dois modelos de prognose da madeira de *Eucalyptus* para alto fuste e talhardia. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 27-35, 1989.

COZZO, D. **Como utilizar la madera de los bosques cultivados**, Buenos Aires, Cosmopolitana, 1956, 222 p.

CRAIGHEAD, P.W.; Waxes and water-soak test for Wood panels. Proceedings, In: International Particleboard Composite Materials Symposium, 25th Washington State University, **Proceedings**, 1991. p. 181-204.

DANTAS, D. A. *et al.* Estudo fitoquímico dos frutos de *Melia azedarach* L. (Cinamomo, *Meliaceae*). In Encontro de Pesquisa e Iniciação Científica da UNIDERP, 2., Campo Grande, 2000. **Anais**, Campo Grande: UNIDERP, p. 119-120, 2000. Resumo expandido.

DAQUINTA, M. *et al.* Morfogénesis in vitro de *Toona ciliata* a partir de raquis de hojas jóvenes com tidiazuron. **Rev. Colomb. Biotecnol.** v. VII, n. 2, 2005, p. 5-9.

Desch, H. E. **Timbers, it's structure and properties**. London, MacMillan, 1962, 350 p.

DEVLIEGER, F.; INZUNZA, L.; EASTON, J. Factores de fabricación que influyen en las características físico-mecánicas de un tablero compuesto elaborado en una sola etapa. **Bosque**, v.8, n.1, p.49-54, 1987.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis** n. 65 p. 102-113, 2004.

DINESH VALKE (2010). Disponível em: <[http:// www.flowersofindia.net](http://www.flowersofindia.net)> Acesso em 25/01/2010.

DINWOODIE, J. M. Today's adhesives: Their properties and performance. Particleboard – today and tomorrow. In: International Particleboard Symposium, **Proceedings**, 1978, p. 38-61.

DORDEL, J.; SIMARD, S. Nurse-tree effects on Australian Red Cedar (*Toona ciliata*): a comparison of their nurse species. In: 6th North American Forest Ecology Workshop, **Proceedings**, 2009.

DURIGAN, G., SIMÕES, J. W. Quebra-ventos de *Grevillea robusta* A. Cunn. – Efeito sobre a velocidade do vento, umidade do solo e produção de café. **Ipef**, n. 36, p. 27-34, 1987.

EASTY, D. B.; THOMPSON, N. S. Wood analysis. In: LEWIN, M.; GOLSDTEIN, I. S. **Wood structure and composition**. Marcel Dekker, 1991, p. 49-138.

ELEOTÉRIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

EL-OSTA, M. L. M. *et al.* Properties of particleboard made from *Casuarina* and Willow mixtures. In: Internacional Particleboard/composite Materials Symposium, 28th. **Proceedings**. Pullmann, 1994, p.281- 288.

EMBRAPA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. EMBRAPA DDT, 89p. 1986.

EUROPEAN STANDARD. **EN 310**. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Versão portuguesa, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 312**. Particleboards – Specifications. .English version. 2003.

EUROPEAN STANDARD. **EN 317**. Determination of swelling in thickness after immersion in water.English version. 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 318**. Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity .English version. 2002.

EUROPEAN STANDARD. Determinação da resistência à tração perpendicular às faces da placa . **EN 319**. Versão Portuguesa. 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 322**. Determination of moisture content. English version. 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 323**. Determinação da massa volúmica. Versão Portuguesa. 2002.

FENGEL, D. WEGENER, G. **Wood Chemistry, ultrastructure reactions**. Berlin, 1989, 612 p.

FERNANDEZ, R. E. *et al.* Forest Plantations in North América. **XXI Session of the North American Forest Comission (NAFC)**. 2002, 33p.

FERREIRA, C. A., MARTINS, E.G. O potencial da grevílea (*Grevillea robusta* Cunn.) para reflorestamento . In: GALVÃO A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998, p.6.

FLICK (2010). Disponível em: <<http://www.flickr.com.br> > Acesso em 25/01/2010.

FLORICULTURA SJT (2010). Disponível em: <<http://www.floriculturasaojudastadeu.com.br/pags> > Acesso em 25/01/2010.

FORO (2010). Disponível em: <<http://www.foro.portalplantas.com/bonsais/106> > Acesso em 25/01/2010.

FORTES, F. J. P. **Versáteis aglomerados**. Disponível em: <<http://www.akzonobel-ti.com.br/artigostecnicos>> . Acesso em 14/10/2008.

FORSS, K. G.; FUHRMANN, A. Finnish plywood, particleboard, and fiberboard made with a lignin-base adhesive. **Forest Products Journal**, v. 29, n. 7, p. 39-43, 1979.

FOSTER, W. G. Species variation. Symposium on Particleboard, 1st **Proceedings**, Washington State University, 1967, p. 13- 20.

FREIRE, J. M. *et al.* Estrutura genética de populações de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (guapuruvu) por meio de marcadores RAPD. **Scientia Forestalis**, n. 74, p. 27-35, 2007.

GALVÃO, P. M; MEDEIROS, A. C. S. **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002, 133p.

GALVAO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São. Paulo, Nobel, 1985. 112p.

GEIMER, R. L.; LEHMANN, W. F.; McNATT, J. D. Engineering properties of structural particleboards from forest residues. Particleboard, 8th, **Proceedings**, Washington State University, 1974. p.119-143.

GEIMER, R. L.; PRICE, E. W. Construction variables considered in the fabrication of structural flakeboard. In: Structural flakeboard from forest residues: symposium presented by the USDA Forest Service, 1978, Kansas City. **Proceedings...** Washington: Forest Service. Department of Agriculture, 1978. p. 69-80.

GHILDYAL, B. N. Introduction of *Acrocarpus fraxinifolius* - a fast growing species for social forestry in Himachal Pradesh. **The Indian Forester**, v. 115, n. 7, p. 455-458, 1989.

GLUFKE, C., FINFER, C. A., SCHNEIDER, P, R. Crescimento de *Pinus elliottii* sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, v.7 n.1 p. 11-26, 1997.

GOLDSTEIN, I. S. Overview of the chemical composition of wood. p. 1-5 1991. In: International Fiber Science and technology, **Proceedings**, v. 11, 1991, 488p.

GOMES, F. P. **Estatística Experimental**, 6^ª Ed., Esalq, Piracicaba, SP, Livraria Nobel, 1976, 430 p.

GONÇALVES, C. A. *et al.* Produção de chapas de madeira aglomerada com adesivo uréia-formaldeído modificado com tanino de *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham (sabiá). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 10, n.1, p.18 - 26, 2003.

GOUVEIA, F. N.; VITAL, B. R.; SANTANA, M. A. E. Avaliação de três tipos de estrutura de colchão e três níveis de resina fenólica na produção de chapas de partículas orientadas – OSB. **Árvore**, v. 27, n.3, p. 365-370, 2003.

HAAG, W. Gluing, blending, spreading and testing: trends in the machinery and process control developments. In: International Particleboard Composite materials Symposium, 26th, **Proceedings**, Washington State University, 1992. p. 69-93, 1992.

HANN, R. A.; BLACK, J. M.; BLOMQUIST, R. F. How durable is particleboard? Part II – The effect of temperature and humidity. **Forest Products Journal**, v. 13, n. 5, p. 169-175, 1963.

HARWOOD, E.C.; GETAHUN, A. *Grevillea robusta*: Australian tree finds success in Africa. **Agroforestry Today**, v.2, n.1, p.8-10, 1990.

HASELEIN, C. R. Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex- Maiden) e

embaúba (*Cecropia sp.*). 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

HAWKE, R. N., SUN, B. C., GALE, M. R. Effect of fiber mat-moisture content on strength properties of polyisocyanate-bonded hardboard. **Forest Products Journal**, v. 42, n. 11/12, p. 61-68, 1992.

HEEBINK, B. G. Wax in particleboards. In: Symposium on Particleboard, 1st **Proceedings**, Washington State University, 1967, p. 251-268.

HERWITZ, S.R.; SLYE, R. E. TURTON, S. M. 1998. Redefining the ecological niche of a tropical rain forest canopy tree species using airborne imagery: long-term crown dynamics of *Toona ciliata*. **Journal of Tropical Ecology**, v. 4, p. 683–703.

HIGA, A. R; PRADO, C. A. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. In: GALVÃO. A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998, p. 57-60.

HIGUCHI, T. **Biochemistry and molecular biology of wood**. Berlin: Springer, c1997. 362p.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Estabilidade dimensional de chapas aglomeradas estruturais (flakeboards) fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalyptus e Acácia negra. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 80-94, 2004.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia-negra. **Ciência Florestal**, v. 12, n.1, p. 59-65, 2002.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeira de pinus, eucalipto e acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino formaldeído**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

HILLIS, W. E. **Wood extractives**. Academic Press. 1962, 513 p. CSIRO Australia.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434p.

HIZIROGLU, S. Surface roughness analysis of wood composites: a stylus method, **Forest Products Journal** v. 46, n.7, p. 67–72, 1996.

HONORATO, S. J. A.; *et al.* Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para la sierra Norte del estado de Puebla. INIFAP. **Folleto Técnico**. n.1, p. 41, 2005.

HOPPE, J. M.; SCHNEIDER, P. R.; DALLAGO, J. S. Avaliação silvicultura da *Melia azedarach* L. em função do tamanho dos frutos. **Ciência Florestal**, v.1, n.1, p. 76-87, 1991.

HUNT, M. O. *et al.* Feasibility of manufacturing flakeboard roof decking from hardwoods., Particleboard, 12th, **Proceedings**, Washington State University, 1978, p.17-45.

IAPAR (2010). Disponível em: <[http://www. www.iapar.br/conteudo.php](http://www.www.iapar.br/conteudo.php)> Acesso em 25/01/2010.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull Leiden** n.10: p. 219-332. 1989.

INFOJARDIM (2010). Disponível em: <<http://www.infojardin.net>> Acesso em 25/01/2010.

INOUE, M. T., MARTINS, E. G. Variação sazonal da fotossíntese e clorofila em progênies de *Grevillea robusta* Cunn. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 8, n. 1 p. 113, 2006.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de Chapas de Madeira Aglomerada. **Revista da Madeira**, p. 122-125, 2006.

IWAKIRI, S. *et al.*, Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resina. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n. 68 p. 39-43, 2005.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba Fupef, 2005, 247 p.

IWAKIRI, S. *et al.* Utilização da madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas – OSB. **Cerne**, v.10, n.1, p. 46-52, 2004.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de compensados de *Pinus taeda* L. e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de Uréia-Formaldeído. **Árvore**, v. 26, n.3, p. 371-375, 2002.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Floresta e ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8 n.1 p 137-142, 2001.

IWAKIRI, S. *et al.* Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Scientia Agrária**, v.1 n1-2, p. 23-28, 2000.

IWAKIRI, S. **A influência d variáveis de processamento sobre propriedades das chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus***. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

JAGGER, R. W. The new pallmann ring refiner, type PF, for green sawdust, shavings, and other such materials. In: International Particleboard Composite materials Symposium, 26th. **Proceedings**, Washington State University, 1992. p. 94-105.

JANKOWSKY, I. P. **Colagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 45 p.

JANKOWSKI, I. P.; GALVÃO, A. P. M. Influência do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira. **IPEF**, n. 18, p. 1-33, 1979.

JOHNSON R.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey. Prentice Hall International, 1988, 642p.

JONHS, W.; NIAZI, K. Efecct of pH and buffering capacity of Wood and the gelation time of urea-formaldehyde resin. **Wood Fiber Science**, v. 12, p. 255-263, 1980

KAWAI, S. SASAKI, H. Low-density particleboard. **Current Japanese Materials Research**. v. 11, p. 33-41, 1993.

KEENAN R, *et al.* Restoration of plant diversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p.117–131, 1997.

KEINERT JR., S. **Laboratory evaluation of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus robusta* for the manufacture of composition board**. (Doctor of Philophy) - Department of Forestry, Michigan State University, 1980.

KEINERT JR. S.; MATOS, J. L. M. Utilização de *Pinus pinaster* para fabricação de chapas de partículas. **Floresta**, v. 17, n. 1-2, p. 113-120, 1987.

KELLY, M. W. A **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, 1977. 66 p.

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 291 f. Tese, (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KOLLMANN, F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of Wood science and technology. Part I: Solid wood**, 591p., Springer Verlag, 1968.

KOLLMANN, F.; KENZI, P.; STAMM, A.; **Principles of wood science and technology II. Wood based materials**, 703p. New York, USA, 1975.

KOLLMANN, F. **Tecnología de la madera y sus aplicaciones**. Madrid, Gráficas Reunidas S.A., 1959. 674p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**, Rossdorf: TZ – Verl.- Ges. 343 p. 1990.

LARSON, P. R. Wood formation and the concept of wood quality. New Haven: Yale Univ. Sch. **For. Bull.**, n. 74, 1969. 45 p.

LEBOW, S. T.; WINANDY, J. E. The role of grade and thickness in the degradation of fire-retardant-treated plywood. **Forest Products Journal**, v. 48, n. 6, p. 88–94, 1998.

LEE, H. H., MALONEY, T. M. The effect of final moisture content of mat on the physical and mechanical properties of UF-bonded MDF. **Wood Science. and Technology**. v. 23, n. 4, p. 85-90, 1995.

LEHMANN, W. F. Properties of structural particleboards. **Forest Products Journal**, v. 24, n. 1, p. 19-26, 1974.

LEHMANN, W. F. Improved particleboard through better resin efficiency. **Forest Products Journal**, v. 15, n. 4, p. 155-162, 1965.

LEHMANN, W. F.; ROFFAEL, E. International guidelines and regulations for formaldehyde emissions. In: International Particleboard Composite materials Symposium, 26th, **Proceedings**, Washington State University, 1992. p.124-150.

LIMA, C. *et al.*, Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LIMA, *et al.* Absorção de nitrogênio para *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, em fase de viveiro em três ambientes. **Floresta e Ambiente**, v.7, n. 1, p. 11-18, 2000.

LIMA, A. M.; LIMA, R. M.; BRITO, E. O. Produção de aglomerados a partir de partículas “strand” combinadas com maravalhas. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida, Rio de Janeiro, v.22, (Suplemento), p.175-179, 2002.

LINGNAU, C.; *et al.* Sistema interativo de informações para a seleção de espécies florestais para reflorestamentos em pequenas propriedades do Paraná. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais**. Florianópolis, INPE, p. 1719-1724.

LINS, V. S. *et al.* Variações e ganhos genéticos em progênies de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 180-186, 2001.

LOESTCH, F.; HALLER, K. E.; **Forest Inventory**, Munchen, BLV, 436p. 1973.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas do Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p.234, 368p, 2003.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 368p.

LTM, 2009. **Banco de dados do Laboratório de Tecnologia da Madeira**, UFPR.

LOUREIRO, A. C. M. M.; **Estudos de crescimento e de produção de algumas espécies florestais com interesse para a Região Montana Sub-Atlântica de Portugal**. 265 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 1986.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2006. 316 p.

MACIEL, M. V. **Atividade ovicida e larvicida de extratos de *Melia azedarach* sobre *Haemonchus contortus***. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) Universidade Estadual do Ceará, 2004.

MAGHEMBE, J. A. PRINS, H. Performance of multipurpose trees for agroforestry two years after planting at Makoka, Malawi. **Forest Ecology and Management**. v. 64, n. 2-3, p. 171-182, 1994.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: Miller Freeman, 1993. 689 p.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman, 1989. 672 p.

MALONEY, T. M. Resin distribution in layered particleboard. **Forest Products Journal**, v. 20, n. 1, p. 43-52, 1970.

MARCATI, C. R.; MILANEZ, C. R. D.; MACHADO, S. R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (*Leguminosae: Caesalpinioideae*) **Trees** v. 22, p. 3-12, 2008.

MARRA, A. A. **Technology of Wood bonding: principles and practice**. New York, Van Nostrand Reinhold 1992, 453 p.

MARTÍNEZ, P. E. *et al.* Cultivo intercalado de cedro rosado y su efecto sobre el contenido de matéria orgânica em solo. **Revista UDO Agrícola**, v. 6, n. 1, p. 109-113, 2006.

MARTÍNEZ, P. E.; GARCIA, J. M. Evaluación de cinco tratamientos fitosanitarios en la producción de Plántulas de Cedro Rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn) en Etapa de Semillero en Tuxpan, Veracruz, México, **Revista UDO Agrícola**, v. 4, n. 1, p. 27-30, 2004.

MARTINEZ, S. S. **O NIM – *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção**. Instituto agrônômico do Paraná. Londrina: IAPAR, 142p, 2002.

MARTINS, E. G.; SHIMIZU, J. Y.; FERREIRA, A. C. Avaliação inicial de procedências de *Grevillea* no Noroeste do Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo n. 37 p. 41-54, 1998.

MARTINS, E. G. *et al.* Volume de madeira e ganho genético de progênies de *Grevillea robusta* Cunn.) de segunda geração na Região de Londrina, Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 51, p. 45-55, Embrapa Florestas, Colombo, 2005.

MARTINS, E. G., NEVES, E. J. M. *Grevillea robusta* (Cunn.): Sementes melhoradas para usos múltiplos. **Comunicado Técnico**, 126. Embrapa Florestas, Colombo, 2004.

MARTINS, E. G.; STURION, J. A., NEVES, E. J. M. Produtividade de madeira e ganho genético de procedências de grevílea (*Grevillea robusta* Cunn.) na Região de Ponta Grossa, Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 48, p. 29-39, Embrapa Florestas, Colombo, 2004.

MARTINS, E. G.; RIBASKI, J.; NEVES, E. J. M. Comportamento da clorofila em procedências de *Grevílea* (*Grevillea robusta* Cunn.) no Noroeste do Paraná. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 9, 20 p. Embrapa Florestas, Colombo, 2002.

MARTINS (2010). Disponível em: <systemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/ > Acesso em 25/01/2010.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Termoterapia em Sementes de Guapuruvu (*Schyzolobiom parahyba* (Vell.) Blake)) **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n. 2, p. 330-332, 2007.

MATOS, J. L. M. **Ciclo da prensa em chapas de partículas estruturais Waferboards**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MATOS, J. M. M. (2008 – 2009) Coletânea de fotos adquiridas em campo – MOBASA.

MCCREDIE, W. H. Formaldehyde emissions from uf particleboard voluntary standards VS EPA regulation. In: International Particleboard Composite materials Symposium, 26th. **Proceedings**. Washington State University, 1992. p.115-123.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia Brasileira. In: 6º Congresso florestal Brasileiro, Florestas e Meio ambiente: Conservação e Produção, patrimônio social. **Anais**. Campos do Jordão –SP, 1990, p. 695-699.

MENDES, L. M. et al. Influência do teor de resina, temperatura e tempo de prensagem na umidade de equilíbrio de painéis de partículas de madeira. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 329-355, 2006.

MENDES, L. M. *Pinus spp* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MENDES, L. M. *et al.* Anatomia e características físico-químicas da madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* St. Hil. de ocorrência na região de Lavras/MG. **Cerne**, v. 5, n.1, 1999, sem pg.

MENDONÇA, V. Z.; PENHA, A. S. Quebra de dormência de sementes do Guapuruvu (*Schizolobium parahyba* – *Leguminosae*) e sua importância na restauração de áreas degradadas. **Anais**, IX Congresso de Ecologia do Brasil, MG, p. 1-3, 2009.

MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Provenance effect on Wood chemical composition and pulp yield for *Eucalyptus globulus* Labill, **Appita**, v. 54, p. 347-351, 2001.

MOELLER, T. B. B.; GUNZERODT, H. Continuous pressing of particleboard – does it really pay? A 10-point economic analysis. In: International Particleboard/ Composites materials Symposium, 28th, **Proceedings** Washington State University, 1994. p. 201-211.

MOLINA, G.; MOENA, R. G.; NEUMANN, J. .T. Tableros MDF com resíduos de madeira y adhesivos tipo isocianato, **Anais**; In: 1º Seminário Internacional de Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia. **Anais**. Belo Horizonte, MG, 1998 p. 214-232.

MONTOYA, L. J.; MEDRADO, M. J. S. Introdução do componente florestal em propriedades rurais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Disponível em: <[HTTP://www.saf.cnpqg.embrapa.br/publicações/02/pdf](http://www.saf.cnpqg.embrapa.br/publicações/02/pdf)> Acesso em 18/09/2009.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* Parte I – Estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.461-470, 2005.

MORAIS NETO, S. P. **Crescimentos das mudas de três espécies florestais em função da idade e da luminosidade**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1992.

MORI, C. L. S. O. *et al.* Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132 , 2004.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974. 245 p.

MOTTET, A. L. The particle geometry factor in particleboard manufacturing. In: Symposium on Particleboard, 1st, **Proceedings**. Washington State University, 1967, p. 23-73.

MOURA, M. C. **Variações em características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus***. 63 f. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

MURAKAMI, K. *et al.* Manufacture and properties of three-layered particleboards with oriented face strands of veneers. **Japan Wood Science**, v. 45, n. 5, p. 395-402, 1999.

MWANGI, J. G. **Studies on gum from *Grevillea robusta* as a Wood Adhesive**. 2001 Disponível em: <<http://www.easternarc.org/html/gumstudies.html>> Acesso em: 24/02/2010.

NAUMANN, R. B. *et al.* Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de *Schizolobium parahyba* Herb. **Árvore**, v.32, n.6, p.1143-1150, 2008.

NIGOSKI, S, MUNIZ, G. I.B., KLOCK, U. Caracterização anatômica de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Revista Ciência e Natura**, v. 20, p. 101-115, 1998.

NIST. **Engineering Statistic Handbook**. Disponível em <http://itl.nist.gov/div898/handbook>. Acesso em 13/12/2019.

NUNES, W. H.; ANDRADE, A. M.; BRITO, E. O. Produção de chapas de partículas do estipe de *Euterpe edulis* Martius (Palmiteiro). **Floresta e Ambiente** v. 6, n. 1, p. 95-105, 1999.

NUSSBAUM M. R., STERLEY, M. The effect of wood extractive content on glue adhesion and surface wet- tability of wood. **Wood Fiber Science**, v. 34, n. 1, p. 57–71, 2002.

OIKAWA, I., MATOS, J. L. M.; TRIANOSKI, R. Caracterização tecnológica da espécie *Grevillea robusta*. 17 EVINCI, E 2 EINTI, **Poster/Anais**, 2009.

OKINO, E. Y. A., Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, 2008.

OKINO, E. Y. A. *et al.* Utilização da madeira de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. na fabricação de chapas aglomeradas. **Árvore**, v.24, n. 3, p. 431-347, 2000.

OKORIO, J., PEDEN, D. The growth performance of *Grevillea robusta* in the highlands of Uganda. Nairobi, **ICRAF** , 1992, p. 117-124.

OLIVEIRA, E. C. **Comparação das diferentes técnicas por exclusão de outliers**. ENQUALAB - Congresso da Qualidade em Metrologia. Rede Metrológica do Estado de São Paulo – REMESP, SP. 2008.

OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

PAIVA, Y. G. *et al.* Zoneamento agroecológico de pequena escala para *Toona ciliata*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim – ES, utilizando dados SRTM. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, **Anais**, 2007, INPE, p. 1785-1792.

PALERMO, G. P. M. *et al.* Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm, através de atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n.1, p. 01 - 06, 2004.

PARK, B. D. B.; *et al.* Hot-pressing process optimization by response surface methodology. **Forest Products Journal**, v. 49, n.5, p. 62-68, 1999.

PECE, M. *et al.*, Crecimiento de una plantación de paraíso gigante (*Melia azedarach* var gigantea) de ocho años de edad en el Departamento Alberdi en la Provincia de Santiago Del Estero. **Quebracho**, n. 4, p. 20-26, 1996.

PÊGAS, M. R. A. **Resistência natural de nove espécies de madeiras ao ataque de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1986) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. 24 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

PEREDO, M. Inclusion de biomasa forestal em La fabricacion de tableros de partículas. **Bosque**, v. 7, n.1, p. 9-16, 1987.

PEREIRA, J. C. D., SCHAITZA, E. G., BAGGIO, A. J. Propriedades físicas e químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Grevillea robusta*. Colombo, Embrapa Florestas, 2000, **Circular Técnica** 40, 10 p.

PEREYRA, O. *et al.* Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento en procesos industriales de la madera de kiri, grevilea, paraíso y toona. **Floresta**, v. 36, n. 213-223, 2006.

PÉREZ, V. R. *et al.* Crecimiento estacional del diámetro normal de *Melia azedarach* L. var. *Gigantea* em diversas densidades. **INTA**. p. 1-7, 2003.

PERNÍA, N. E.; ARAQUE, O.; LEÓN, W. J. Cristales em la madera de *Schizolobium amazonicum* y *S. parahyba* (*Cesalpinoideae*, *Leguminosae*). **Revista Forestal Venezolana**, v. 42, n.1, p. 9-13, 1998.

PIETROBOM, R. C. V.; OLIVEIRA, D. M. T. Morfoanatomía e ontogênese do pericarpo de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (*Fabaceae*, *Caesalpinioideae*) **Revista Bras. Bot.** v. 27, n. 4, p. 767-779, 2004.

PINHEIRO, A. L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira.** Viçosa, SIF, 1999, 144 p.

PIO, N. S. **Produção de painéis estruturais de lâminas paralelas (PLP) de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.** 168 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology.** New York: Marcell Dekker, 1983. 364 p.

POBLETE, H. W. PEREDO, M. Tableros de desechos del debobinado de especies chilenas. **Bosque**, v. 11, n. 2 p. 45-58, 1990.

POBLETE, H. W.; PINTO, A. S. Avances sobre el efecto del catalizador em el fraguado de ureaformaldeido em tableros de tepe. **Bosque** v. 14, n. 1, 55-61, 1993.

PRADO, C. A. *et al.* Características físicas e químicas da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** n. 14. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 14p.

PRAUSE, J; BASAIL, F. **Evaluacion de tierras com fines forestales para la espécie *Grevillea robusta* en La Provincia del Chaco.** IIFA – Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuárias, 1993, 34 p.

PRICE, E. W. Basic properties of full-size structural flakeboards fabricated with flakes on a shaping lathe. In: Particleboard, 11th **Proceedings**, Washington State University, 1977. p. 313-332.

RAÍ, S. N. Pré-treatment of *Acrocarpus fraxinifolius* seeds. **Indian Forester**, v. 102, n. 8, p. 488-491, 1976.

RAYMOND, C. A . Tree breeding issues for solid wood products. In: The future of eucalypts for wood products. 2000, Launceston, Tasmania. **Proceedings**. Launceston: IUFRO, 2000, p. 265 - 270.

REITZ, R. KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**, Sudesul, Rio Grande do Sul, Ed Corag , 525 p. 1979.

REITZ, R. KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina**. Sellowia, 28/30:1-320, 1978.

RIGATTO, P. A. C. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão.** 137 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **Árvore**, Viçosa. v. 29, n.5, p.701-709, 2005.

RICHTER, H. G.; TOMASELLI, I, MORESCHI, J. C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) - 1 □ Parte: Informe Geral sobre características importantes na espécie. **Floresta**, v. 5, n. 1, p. 26-30, 1974.

RICHTER, H. G.; TOMASELLI, I, MORESCHI, J. C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) - 2 □ Parte: Fabricação de compensados. **Floresta**, v. 6, n. 1, p. 14-23, 1975.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981, 296p.

ROCAS, A. N. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. Part II – **Species descriptions**. P. 266-268, s/d

RODRIGUEZ, F. R. Principales espécies forestales introducidas em Costa Rica. **Kurú Revista Forestal**, v. 2, n. 4, p. 1-13, 2005.

SAKA, S. Structure and Chemical composition of Wood as a natural composite material. Recent Research on Wood and Wood based materials. **Current Japanese Materials Research**, v. 11, 1993, p. 1-20.

SAKCHOOWONG, W.; CHOBTHAM, C.; RATTANACHAN, S. Effects of tree shade on attacks by the Red Cedar Shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Moore) (Lepidoptera: Pyralidae) Kasetsart J. **Nat. Sci.**, v. 42, p. 435-443, 2008.

SALDANHA, L. K. **Alternativas tecnológicas para produção da chapas de partículas orientadas “OSB”**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SALLES, L. A.; RECH, N. L. Efeito de extratos de Nim (*Azadiracta*) e Cinamomo (*Melia azedarach*) sobre *Anastrepha fraterculus* (WIED.) (Diptera: Tephritidae). **Rev. Brás. de Agrociência**, v. 5, n. 3, p. 225-227, 1999.

SANCHEZ-ACOSTA, M.; VERA, L. Situacion foresto-industrial de Argentina al 2005 (Ejemplo de uma cadena forestal) Série Técnica, **IPEF**, n. 35, XI SSAFR – III SIAGEF, Ubatua, p. 28.

SANJUAN, *et al.* *Melia azedarach* (Paraiso) matéria prima prometedora para lá obtención de pulpa. In: 27º Congresso Anual de Celulose e Papel, ABTCP, São Paulo, 1994.

SANTOS, R. C. *et al.* Chapas de partículas aglomeradas produzidas a partir de resíduos gerados após a extração do óleo da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 437-446, 2009.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTOS, A. J. **Approche destinée à analyser La situation forestière d'une region donnée au Brésil: Application au cas d'une région du Nord-Nord-Ouest de l'État du Paraná.** ENGREF, Tese. (Doutorado). Nancy, 282 p. 1993.

SANTOS, E. **Nossas madeiras.** Ed. Itatiaia. Belo Horizonte, 1987, 313p.

SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., COZER, E. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: Simpósio de manejo de florestas plantadas. **Anais...** Esteio: UFSM, 1991, p.150-167.

SCHWARTZ, F. E.; ANDERSON, R. L.; KAGDER, A.G. Resin distribution and how variations affect board quality. In: Particleboard Symposium, 2th, **Proceedings**, Washington State University, 1968. p. 7-30.

SCOCCHI *et al.* Conservación de semillas de cedro australiano (*Toona ciliata*). **Bulletin de resources Phytogenétiques** n. 137, 22-25. Disponível em [www.<HTTP://www.biodiversityinternational.org>](http://www.biodiversityinternational.org). Acesso em 17/09/2009.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de Procedência de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Revista do Instituto Florestal**, SP, v. 11, n.1 p. 65-73, 1999.

SEREDA, *et al.* Aspectos nutricionais de sementes e plântulas de Guapuruvu desenvolvidas em dois substratos. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 579-585, 2008.

SHIMIZU, J. Y. Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais: silvicultura e usos. In: GALVÃO, A. P. M. (Coord.) **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**, Colombo; Embrapa Florestas, 1998, p. 63-71.

SHUKLA, K. S., SHARMA, R. C.; ANIL N. Suitability of *Acrocarpus fraxinifolius*. (1993) Disponível em [http:// www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract](http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract). Acesso em 23/10/2009.

SILVA, G. A. *et al.* Efeito de algumas variáveis de processamento nas propriedades físicas de painéis de madeira de partículas alongadas. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 51-60, 2006.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 160 f. Tese

(Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, V. P., MAZUCHOWSKI, J. S. **Sistemas silvipastoris: paradigmas dos pecuaristas para agregação de renda e qualidade**. Curitiba, Emater – PR, 2000, 46 p. .

SJÖSTRÖM. E. **Wood Chemistry fundamentals and applications**. New York. Academic Press. 223p. 1981.

SOBRAL FILHO, M. **Adesão e adesivos para Madeira. I teorias de adesão e a natureza das colagens com madeira**. IBDF, Série Técnica, n. 5 Brasília , 1982.

SOUSA, L. A. D.; *et al.* Avaliação da eficácia de extratos oleosos de frutos verdes e maduros de Cinamomo (*Melia azedarach*) sobre *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae). **Rev. Bras. Parasitol.** v. 17, n.1, p. 36-40, 2008.

SOUZA JUNIOR, L. **Tipo de minijardim clonal e efeito do ácido indolbutírico na miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. (Proteaceae)**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SOUZA JUNIOR, L.; QUORIN, M.; WENDLING, I. Miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. a partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4p. 455-460, 2008.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science**. The Ronald Press Company – New York, 1964, 549p.

STEWART, M. C. *et. al.* The process of fiber separation III. Hidrolytic degradation whitin living trees and its effects on the mechanical pulping and other properties of wood. **TAPPI** 44 p. 798-813, 1961.

STYLES, B. T. The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. **Silvae genética** v. 21, n. 5, p. 175-182, 1971.

SUCHSLAND, O. Linear hygroscopic expansion of selected commercial particleboards. **Forest Products Journal**, v. 22 n. 11, p.28-32.

SULEIMAN, B.M.; *et al.* Thermal conductivity of wood. **Wood Science and Technology**, v.33, n.6, p.465-473, 1999.

SUN, D. DICKISON, G. R., BRAGG, A. L. Morphological variations between twelve provenances of *Grevillea robusta* planted in north-east Queensland. **Australian Forestry**, v. 58, n. 3, p. 129-134, 1995.

TABOADA, L., GULLOTA, M.; LOPEZ, C. Resultados preliminares del cultivo in vitro de paraíso gigante (*Melia azedarach* L. var. *gigantea*) mediante yemas axilares. **Quebracho**, n.3, p. 43-48, 1995.

TAPPI - Testing Procedures of Technical Association of the Pulp and Paper Industry.- **TAPPI** In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2002 (coletânea de normas).

TARNOWSKI, C. G. Propagación agâmica de *Toona ciliata* var. *australis* (Meliaceae) mediante açodo em montículo. In: XXII Jornada Forestales de Entre Rios. **Anais**. Concórdia, Argentina, 2007 p. 1-5.

TEODORO, A. S. **Utilização de adesivos à base de taninos na produção de painéis de madeira aglomerada e OSB**. 91 f. Dissertação, (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

THODE JR., H.C. **Testing for Normality**. Marcel Dekker, New York. 2002.

TOMASELLI, I. Tendências de mudanças na Indústria de Painéis. **Revista da Madeira**, ano 8, nº43, 1999.

TOMASELLI, I. A indústria de painéis no Brasil e no mundo: Tendências de mudanças do perfil de produção e usos. In: 1º Seminário Internacional de Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia. **Anais**, Belo Horizonte, MG, 1998, p. 55-64.

TORGOVNIKOV, G. I. **Dielectric properties of Wood and Wood-based materials**. Springer Verlag, 1993, 196 p.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade e das características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TRIANOSKI, R. Fotos coletadas durante o desenvolvimento da dissertação, 2009 e 2010.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. New York, 1991. 494 p.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. *et al.* Produtividade do cafeeiro (*Coffea arábica* L. var. catuaí) em sistema agroflorestal com toona (*Toona ciliata* M. Roem.) na região da Zona da Mata de Minas Gerais. In: IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, **Anais**. 2002.

UFRGS (2010). Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/.../imagens/fotos/328-melia>> Acesso em 25/01/2010.

UFU. **Teste para homogeneidade de variância**. Universidade Federal de Uberlândia. III Curso de Especialização. Disponível em: <http://www.famat.ufu.br/espe/eea3/aulas>. Acesso em 26/01/2010.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Content and base specific gravity to group tropical woods for kiln drying. **Forest Products Laboratory**. Madison, 1994, 65 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA. Sistema de Bibliotecas. **Teses, dissertações, monografias e outros trabalhos acadêmicos**. 2.ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 2007. 101p. (Normas para apresentação de documentos científicos); v. 2.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA. Sistema de Bibliotecas. **Citações e notas de rodapé**. 2.ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 2007. 53p. (Normas para apresentação de documentos científicos); v. 3.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA. Sistema de Bibliotecas. **Referências**. 2.ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 2007. 118p. (Normas para apresentação de documentos científicos); v. 4.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA. Sistema de Bibliotecas. **Redação e Editoração**. 2.ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 2007. 47p. (Normas para apresentação de documentos científicos); v. 9.

URIAS, J. C. T. Características tecnológicas de la madera de seis espécies forestales compatibles con el cultivo del café. In: XXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuária Veracruz Y I del Trópico Mexicano. **Anais**, p. 275-282, 2008.

VALE, A. T. *et al.* Densidade básica média em função da produtividade e da penetração do pino *Pilodyn* e da classe diamétrica e variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. **Árvore**, v. 19, n. 1, p.80-91, 1995.

VENSON, I. **Estudio de las propiedades de la madera de *Melia azedarach*** Linn. 119 f. Maestria (Maestro en Ciencia de Productos Forestales) Universidad de Guadalajara, 2003.

VITAL, B. R., HASELEIN, C. R. & DELLA LUCIA, R. M. Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden). **Árvore**, v.16, n.1, p.88-96, 1992.

VITAL, B. R.; WILSON, J. B. Efeito da forma geométrica dos flocos e partículas, da densidade das chapas e do tipo de adesivo nas propriedades mecânicas das chapas de madeira aglomerada. **Árvore**, v. 4, n. 2, p. 179-187, 1980.

VITAL, B. R.; LEHMANN, W. F.; BOONE, R. S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, v. 24, n. 12, p. 37-45, 1974.

VIVAN, M. P.; **Uso do cinamomo (*Melia azedarach*) como alternativa aos agroquímicos no controle do carrapato bovino (*Boophilus microplus*)**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

WANG, S.; WINISTORFER, P. M. The effect of species and species distribution on the layer characteristics of OSB. **Forest Products Journal**, v. 50, n. 4, p. 37-44, 2000.

WHITMORE, J. L; OTAROLA, T. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples. **Turrialba**, v. 2, p. 201-204, 1976.

WHYTE (2010). Disponível em: <<http://www.saveourwaterwaysnow.com.au>>. Acesso em 25/01/2010.

WIKIMÉDIA COMMONS (2009) – Mapa de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.wikimedia.org>>. Acesso em 26/08/2009.

WILCOX, H. Interrelationship of temperature, pressure, and pressing time in the production of hardboard from Douglas-Fir fiber: The effects of these variables on hardboard properties. **TAPPI**, v.36, n.2, p.89-94, 1953.

WU, Q. Application of Nelson's sorption isotherm to wood composites and overlays. **Wood and Fiber Science**, v.28, n.2, p.227-239, 1999.

ZANON, A.; CARPANEZZI, A. A. Armazenamento de sementes de *Grevillea robusta* Cunn. In: Congresso Florestal Panamericano, Congresso Florestal Brasileiro, 7, 1993, Curitiba, **Anais**.1993. p. 265-267.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do Estado de Minas Gerais**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ZOBEL, B. J.; THORBJORNSEN, E.; HENSON, F. Geographic, site and individual tree variation in wood properties of loblolly pine. **Silvae Genetica**, n. 9, p. 149-158, 1960.

ZOBEL, B. J., VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. New York, Springer-Verlag, 363 p. 1989.

APÊNDICE

TESTE DE GRUBB'S

Ensaio/Variável	Test statistic	p-Value
Variáveis dendrométricas		
Altura total	2,32331	0,355526
Altura comercial	1,82124	1,0
DAP	2,43951	0,237206
IMAd	2,2362	0,472976
Volume com casca	2,38924	0,283572
Volume sem casca	2,38179	0,291049
Volume da casca	2,21224	0,510316
Massa Específica da madeira¹	2,30273	1,0
Química da madeira		
Água Fria	1,97556	0,3691
Água Quente	1,30993	1,0
NaOH	1,43375	1,0
Etanol-tolueno	1,73946	1,0
Extrativos totais	1,91216	0,813972
Cinzas	1,65271	1,0
Lignina	1,91463	0,455492
Holocelulose	1,97556	0,3691
pH (2 horas)	1,72335	1,0
pH (24 horas)	1,85255	0,960903
Propriedades das partículas		
Índice de Esbeltez ²	3,16669	0,341984
Razão de Planicidade ²	3,12722	0,354398
Área Superficial ²	2,79387	1,0
Disponibilidade de Resina	1,95791	0,713285
Teor de umidade partículas	2,30818	0,156101
Massa específica aparente dos painéis		
Homogêneos	2,30867	1,0
Multicamadas	2,72121	1,0
Razão de Compactação		
Homogêneos ³	2,43321	1,0
Multicamadas ³	3,00529	0,520968
Absorção de Água		
2 horas		
Homogêneos ²	2,33478	1,0
Multicamadas ²	2,45026	1,0
24 horas		
Homogêneos ²	2,06501	1,0
Multicamadas ²	2,8522	0,868577

Inchamento em Espessura		
2 horas		
Homogêneos ²	3,26743	0,106635
Multicamadas ²	3,13895	0,323311
24 horas		
Homogêneos ²	2,33916	1,0
Multicamadas ²	2,69233	1,0
Taxa de não retorno em espessura		
Homogêneos ²	3,01178	0,78211
Multicamadas ²	2,42828	1,0
Perfil de Densidade		
Homogêneos		
Densidade média	2,31128	1,0
Densidade mínima	2,88912	0,422153
Densidade máxima	2,32348	1,0
Multicamadas		
Densidade média	2,4718	1,0
Densidade mínima	2,75354	1,0
Densidade máxima	2,56088	1,0
Mudanças dimensionais associadas a mudanças na umidade relativa		
Homogêneos		
Comprimento 65-30	2,67902	0,0646345
Comprimento 65-85	2,02771	0,710682
Espessura 65-30	1,7117	1,0
Espessura 65-85	1,88471	1,0
Multicamadas		
Comprimento 65-30	2,1346	1,0
Comprimento 65-85	1,84395	1,0
Espessura 65-30	2,58869	0,241417
Espessura 65-85	1,83491	1,0
Teor de Umidade		
Homogêneos	2,31571	1,0
Multicamadas	2,28235	1,0
Flexão Estática		
Homogêneos		
MOR	2,22048	1,0
MOE	1,93884	1,0
Multicamadas		
MOR	2,91993	0,694905
MOE	3,04066	0,461303
Tração Perpendicular		
Homogêneos	2,83839	0,559499
Multicamadas	3,21815	0,291865

Resistência ao Arrancamento de Parafuso

Homogêneos		
Superfície	2,2635	1,0
Topo	2,17844	1,0
Multicamadas		
Superfície	3,09376	0,170572
Topo	2,68645	0,682179

¹ Dados transformados por raiz quadrada; ² Dados transformados por logaritmo ³ Dados transformados por arco tangente.

TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Ensaio/Variável	DPLUS	DMINUS	DN	P-VALUE
Variáveis dendrométricas				
HT	0,10632	0,100064	0,10632	0,940081
HC	0,107325	0,159246	0,159246	0,550291
DAP	0,0755971	0,0837329	0,0837329	0,994746
IMAd	0,11258	0,0769276	0,11258	0,909278
Vc/c	0,0867147	0,0804906	0,0867147	0,991837
Vs/c	0,10688	0,0804141	0,10688	0,937612
V casca	0,153814	0,0876949	0,153814	0,595183
Massa Específica da madeira¹	0,0983465	0,16666	0,16666	0,0000030674
Química da madeira				
Água Fria	0,17543	0,155597	0,17543	0,636793
Água Quente	0,275671	0,251847	0,275671	0,129701
NaOH	0,161011	0,160562	0,161011	0,739136
Etanol-tolueno	0,128867	0,163574	0,163574	0,817042
Extrativos totais	0,869808	0,175851	0,175851	0,633785
Cinzas	0,102417	0,159232	0,159232	0,869808
Lignina	0,253522	0,137041	0,253522	0,429756
Holocelulose	0,175935	0,280546	0,280546	0,302986
pH (2 horas)	0,141818	0,182911	0,182911	0,583595
pH (24 horas)	0,118195	0,192501	0,192501	0,53163
Propriedades das partículas				
Índice de Esbeltez ²	0,0236192	0,0192919	0,0236192	0,0755753
Razão de Planicidade ²	0,0247888	0,0185354	0,0247888	0,0515987
Área Superficial ²	0,0253334	0,0138137	0,0253334	0,0502538
Disponibilidade de Resina	0,101326	0,181806	0,181806	0,591394
Teor de umidade partículas	0,124889	0,14353	0,14353	0,91678
Massa específica aparente dos painéis				
Homogêneos	0,0425871	0,0560249	0,0560249	0,823897
Multicamadas	0,0414557	0,0523715	0,0523715	0,597106

Razão de Compactação				
Homogêneos ³	0,249008	0,203204	0,249008	0,147953
Multicamadas ³	0,0939649	0,0422745	0,0939649	0,0616906
Absorção de Água				
2 horas				
Homogêneos ²	0,159849	0,0866099	0,159849	0,09412634
Multicamadas ²	0,0869767	0,0422554	0,0869767	0,0797
24 horas				
Homogêneos ²	0,12469	0,0752076	0,12469	0,0550281
Multicamadas ²	0,0726093	0,0538421	0,0726093	0,205181
Inchamento em Espessura				
2 horas				
Homogêneos ²	0,105209	0,036558	0,105209	0,125684
Multicamadas ²	0,0280312	0,0606471	0,0606471	0,416182
24 horas				
Homogêneos ²	0,1499	0,076687	0,1499	0,0760122
Multicamadas ²	0,0552616	0,0363077	0,0552616	0,55004
Taxa de não retorno em espessura				
Homogêneos ²	0,0750842	0,050058	0,0750842	0,0535998
Multicamadas ²	0,0962773	0,0539075	0,0962773	0,0585584
Perfil de Densidade				
Homogêneos				
Densidade média	0,0490748	0,0543537	0,0543537	0,850608
Densidade mínima	0,0406338	0,045996	0,045996	0,952549
Densidade máxima	0,0546866	0,0593824	0,0593824	0,765925
Multicamadas				
Densidade média	0,0744706	0,054421	0,0744706	0,18844
Densidade mínima	0,0712685	0,0386228	0,0712685	0,229964
Densidade máxima	0,0696125	0,0374342	0,0696125	0,259049
Variações dimensionais associadas a mudanças na umidade relativa				
Homogêneos				
Comprimento 65-30	0,148148	0,191981	0,191981	0,4274
Comprimento 65-85	0,105311	0,133625	0,133625	0,847523
Espessura 65-30	0,101135	0,12177	0,12177	0,928164
Espessura 65-85	0,0918429	0,122229	0,122229	0,912288
Multicamadas				
Comprimento 65-30	0,0750487	0,0784292	0,0784292	0,979728
Comprimento 65-85	0,0904992	0,13601	0,13601	0,532796
Espessura 65-30	0,091489	0,136815	0,136815	0,524214
Espessura 65-85	0,101421	0,0806972	0,101421	0,852799
Teor de Umidade				
Homogêneos	0,102561	0,1142	0,1142	0,388104
Multicamadas	0,0528881	0,058416	0,058416	0,854776

Flexão Estática				
Homogêneos				
MOR	0,0402099	0,0555545	0,0555545	0,831581
MOE	0,0395511	0,0597075	0,0597075	0,760071
Multicamadas				
MOR	0,0497822	0,0482419	0,0497822	0,658112
MOE	0,0580324	0,0328319	0,0580324	0,469826
Tração Perpendicular				
Homogêneos	0,0587137	0,0459546	0,0587137	0,724139
Multicamadas	0,0249179	0,0520284	0,0520284	0,515377
Resistência ao Arrancamento de Parafuso				
Homogêneos				
Superfície	0,0579808	0,0428232	0,0579808	0,983918
Topo	0,0628984	0,0735978	0,0735978	0,884531
Multicamadas				
Superfície	0,0805627	0,0555188	0,0805627	0,495917
Topo	0,128821	0,0426478	0,128821	0,0573769

¹ Dados transformados por raiz quadrada; ² Dados transformados por logaritmo ³ Dados transformados por arco tangente.

TESTE DE BARTETT

Ensaio/Variável	Test statistic	p-Value
Variáveis dendrométricas		
HT	1,43429	0,161195
HC	1,26857	0,363762
DAP	1,09157	0,810042
IMAd	1,11686	0,734019
Vc/c	1,41634	0,175914
Vs/c	1,44187	0,155377
V casca	1,22707	0,445148
Massa Específica da madeira¹	1,03399	0,169584
Química da madeira		
Água Fria	1,87284	0,277775
Água Quente	2,84394	0,062234
NaOH	1,36109	0,685003
Etanol-tolueno	2,53478	0,262606
Extrativos totais	2,11729	0,183714
Cinzas	0,062234	0,879287
Lignina	2,36661	0,590167
Holocelulose	4,57028	0,25509
pH (2 horas)	1,31431	0,739104
pH (24 horas)	1,068	0,985042

Propriedades das partículas		
Índice de Esbeltez ²	1,00372	0,0538274
Razão de Planicidade ²	1,0037	0,0519989
Área Superficial ²	1,00384	0,0519914
Disponibilidade de Resina	1,71305	0,368165
Teor de umidade das partículas		
	3,43812	0,141552
Massa específica aparente dos painéis		
Homogêneos	1,05099	0,447358
Multicamadas	1,06636	0,308545
Razão de Compactação		
Homogêneos ³	1,08952	0,129225
Multicamadas ³	1,06809	0,283123
Absorção de Água		
2 horas		
Homogêneos ²	1,11221	0,0655042
Multicamadas ²	1,08918	0,113701
24 horas		
Homogêneos ²	1,10907	0,0706307
Multicamadas ²	1,08163	0,153631
Inchamento em Espessura		
2 horas		
Homogêneos ²	1,08043	0,177748
Multicamadas ²	1,06448	0,337393
24 horas		
Homogêneos ²	1,10194	0,0852186
Multicamadas ²	1,09414	0,0887832
Taxa de não retorno em espessura		
Homogêneos ²	1,06456	0,312304
Multicamadas ²	1,09867	0,070376
Perfil de Densidade		
Homogêneos		
Densidade média	1,03813	0,628759
Densidade mínima	1,04342	0,550549
Densidade máxima	1,04303	0,556274
Multicamadas		
Densidade média	1,02867	0,901012
Densidade mínima	1,03128	0,869356
Densidade máxima	1,02002	0,973812
Mudanças dimensionais associadas a mudanças na umidade relativa		
Homogêneos		
Comprimento 65-30	3,15143	0,082847
Comprimento 65-85	2,09189	0,192409
Espessura 65-30	1,61254	0,531049
Espessura 65-85	1,42485	0,654517

Multicamadas		
Comprimento 65-30	1,55254	0,627175
Comprimento 65-85	1,51893	0,668139
Espessura 65-30	2,52175	0,0647089
Espessura 65-85	1,53705	0,645983
Teor de Umidade		
Homogêneos	1,07081	0,722937
Multicamadas	1,03172	0,992349
Flexão Estática		
Homogêneos		
MOE	1,03242	0,715379
Multicamadas		
MOR	1,06991	0,262015
MOE	1,0748	0,211133
Tração Perpendicular		
Homogêneos	1,06598	0,219262
Multicamadas	1,04936	0,417694
Resistência ao Arrancamento de Parafuso		
Homogêneos		
Superfície	1,06222	0,779912
Topo	1,24789	0,0656917
Multicamadas		
Superfície	1,11248	0,549306
Topo	1,10815	0,591518

¹ Dados transformados por raiz quadrada; Dados transformados por logaritmo ³ Dados transformados por arco tangente.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Análise de Variância para Altura Total - HT

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	555,046	4	138,762	20,72	0,0000
Erro	133,916	20	6,6958		
Total	688,962	24			

Análise de Variância para Altura Comercial - HC

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	411,29	4	102,822	53,15	0,0000
Erro	38,688	20	1,9344		
Total	449,978	24			

Análise de Variância para Diâmetro a Altura do Peito - DAP

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	207,379	4	51,8447	5,02	0,0057
Erro	206,422	20	10,3211		
Total	413,8	24			

Análise de Variância para Incremento Médio Anual em diâmetro - IMAd

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	0,957704	4	0,239426	7,24	0,0009
Erro	0,66128	20	0,033064		
Total	1,61898	24			

Análise de Variância para Volume com casca – Vc/c

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	0,19527	4	0,0488169	9,75	0,0002
Erro	0,10018	20	0,005009		
Total	0,295448	24			

Análise de Variância para Volume sem casca – Vs/c

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	0,17794	4	0,0444851	10,53	0,0001
Erro	0,0845316	20	0,00422658		
Total	0,262472	24			

Análise de Variância para Volume da casca

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	162,977	4	40,7441	13,58	0,0000
Erro	60,0108	20	3,00054		
Total	222,987	24			

Análise de Variância para Massa Específica da Madeira¹

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	1121,88	5	224,377	754,76	0,0000
Erro	69,8617	235	0,297284		
Total	1191,74	240			

Análise de Variância para Solubilidade em Água Fria

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	50,5426	5	10,1085	456,59	0,0000
Erro	0,265668	12	0,022139		
Total	50,8083	17			

Análise de Variância para Solubilidade em Água Quente

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	80,1794	5	16,0359	953,60	0,0000
Erro	0,201795	12	0,0168162		
Total	80,3812	17			

Análise de Variância para Solubilidade em NaOH

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	231,837	5	46,3673	2019,51	0,0000
Erro	0,275516	12	0,0229597		
Total	232,112	17			

Análise de Variância para Extração em Etanol-tolueno

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	45,6209	5	9,12418	393,23	0,0000
Erro	0,208829	9	0,0232033		
Total	45,8297	14			

Análise de Variância para Extrativos Totais

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	64,5554	5	12,9111	299,14	0,0000
Erro	0,517933	12	0,0431611		
Total	65,0734	17			

Análise de Variância para Materiais Inorgânicos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	0,447605	5	0,089521	128,65	0,0000
Erro	0,00556667	8	0,000695833		
Total	0,453171	13			

Análise de Variância para Lignina

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	218,772	5	43,7545	1264,46	0,0000
Erro	0,242222	7	0,0346032		
Total	219,015	12			

Análise de Variância para Holocelulose

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	133,456	5	26,6912	666,86	0,0000
Erro	0,24015	6	0,040025		
Total	133,696	11			

Análise de Variância para pH 2 horas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	2,02791	5	0,405582	2085,85	0,0000
Erro	0,00233333	12	0,000194444		
Total	2,03024	17			

Análise de Variância para pH 24 horas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	2,09916	5	0,419832	434,31	0,0000
Erro	0,0116	12	0,000966667		
Total	2,11076	17			

Análise de Variância para Índice de Esbeltez²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	115,7	5	23,14	170,74	0,0000
Erro	397,085	2930	0,135524		
Total	512,785	2935			

Análise de Variância para Razão de Planicidade²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	11,7338	5	2,34675	22,32	0,0000
Erro	312,209	2970	0,105121		
Total	323,942	2975			

Análise de Variância para Área Superficial Específica²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	72,1179	5	14,4236	321,63	0,0000
Erro	128,439	2864	0,0448459		
Total	200,557	2869			

Análise de Variância para Disponibilidade de Resina

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	53,7822	5	10,7564	12,41	0,0002
Erro	10,4044	12	0,867033		
Total	64,1866	17			

Análise de Variância para Teor de Umidade das Partículas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Espécie	0,69737	5	0,139474	4,48	0,0251
Erro	0,28043	9	0,0311589		
Total	0,9778	14			

Análise de Variância para Massa Específica dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	84210,6	6	14035,1	6,00	0,0000
Erro	278233,	119	2338,1		
Total	362444,	125			

Análise de Variância para Massa Específica dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	19128,7	11	1738,97	0,68	0,7598
Erro	521735,	203	2570,12		
Total	540864,	214			

Análise de Covariância para Razão de Compactação dos Painéis Homogêneos³

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	288,269	1	288,269	12150,27	0,0000
Efeito					
Tratamento	2568,74	6	428,124	18045,01	0,0000
Erro	2,77586	117	0,0237253		
Total	2584,62	124			

Análise de Variância para Razão de Compactação dos Painéis Multicamadas³

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	1124,77	11	102,251	39,94	0,0000
Erro	522,31	204	2,56034		
Total	1647,08	215			

Análise de Variância para Teor de Umidade dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	4,97433	6	0,829054	5,65	0,0001
Erro	8,21564	56	0,146708		
Total	13,19	62			

Análise de Variância Teor de Umidade para dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	5,61043	11	0,510039	4,50	0,0000
Erro	10,8911	96	0,113449		
Total	16,5015	107			

Análise de Covariância para Absorção de Água dos Painéis Homogêneos após 2 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	2,41671	1	2,41671	227,55	0,0000
Efeito					
Tratamento	18,5627	6	3,09379	291,31	0,0000
Erro	1,2532	118	0,0106204		
Total	27,3659	125			

Análise de Variância para Absorção de Água dos Painéis Multicamadas após 2 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	11,1307	11	1,01189	37,20	0,0000
Erro	5,54924	204	0,0272022		
Total	16,68	215			

Análise de Covariância para Absorção de Água dos Painéis Homogêneos após 24 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	2,00463	1	2,00463	398,31	0,0000
Efeito					
Tratamento	8,72063	6	1,45344	288,79	0,0000
Erro	0,593879	118	0,00503288		
Total	13,2536	125			

Análise de Variância para Absorção de Água dos Painéis Multicamadas após 24 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	7,30515	11	0,664105	35,25	0,0000
Erro	3,84322	204	0,0188393		
Total	11,1484	215			

Análise de Covariância para Inchamento em Espessura dos Painéis Homogêneos após 2 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	0,0137355	1	0,0137355	1,82	0,1801
Efeito					
Tratamento	1,36321	6	0,227202	30,08	0,0000
Erro	0,891178	118	0,00755235		
Total	2,26409	125			

Análise de Variância para Inchamento em Espessura dos Painéis Multicamadas após 2 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	1,3588	11	0,123527	15,31	0,0000
Erro	1,6455	204	0,0080662		
Total	3,0043	215			

Análise de Covariância para Inchamento em Espessura dos Painéis Homogêneos após 24 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	0,00396356	1	0,00396356	0,57	0,4512
Efeito					
Tratamento	5,1894	6	0,864899	124,71	0,0000
Erro	0,804518	116	0,0069355		
Total	5,99956	123			

Análise de Variância para Inchamento em Espessura dos Painéis Multicamadas após 24 horas de imersão²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	5,06525	11	0,460477	62,00	0,0000
Erro	1,51518	204	0,00742735		
Total	6,58043	215			

Análise de Covariância para Taxa de Não Retorno em Espessura dos Painéis Homogêneos²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	0,063205	1	0,063205	7,06	0,0090
Efeito					
Tratamento	35,6329	6	5,93881	663,26	0,0000
Erro	1,02971	115	0,00895399		
Total	39,7545	122			

Análise de Variância para Taxa de Não Retorno em Espessura dos Painéis Multicamadas²

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	4,01458	11	0,364962	218,97	0,0000
Erro	0,340012	204	0,00166672		
Total	4,3546	215			

Análise de Covariância para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	0,0603842	1	0,0603842	1,26	0,2811
Efeito					
Tratamento	0,124863	6	0,0208105	0,44	0,8422
Erro	0,620611	13	0,0477393		
Total	0,806511	20			

Análise de Variância para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	0,214228	11	0,0194753	1,64	0,1506
Erro	0,285264	24	0,011886		
Total	0,499493	35			

Análise de Covariância para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	0,00197655	1	0,00197655	0,07	0,8003
Efeito					
Tratamento	0,085501	6	0,0142502	0,48	0,8114
Erro	0,385549	13	0,0296576		
Total	0,491915	20			

Análise de Variância para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	0,464593	11	0,0422357	2,12	0,0606
Erro	0,479247	24	0,0199686		
Total	0,94384	35			

Análise de Covariância para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	0,0596971	1	0,0596971	0,23	0,6369
Efeito					
Tratamento	2,03835	6	0,339725	1,33	0,3148
Erro	3,05388	12	0,25449		
Total	5,10462	19			

Análise de Variância para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	3,3078	11	0,300709	1,27	0,2989
Erro	5,68292	24	0,236788		
Total	8,99072	35			

Análise de Covariância para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	1,8471	1	1,8471	2,44	0,1420
Efeito					
Tratamento	21,3888	6	3,56479	4,72	0,0092
Erro	9,82349	13	0,755653		
Total	33,5869	20			

Análise de Variância para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	30,1204	11	2,73822	7,88	0,0000
Erro	8,33827	24	0,347428		
Total	38,4587	35			

Análise de Variância para Densidade Média obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	76410,5	6	12735,1	6,35	0,0000
Erro	238582,	119	2004,89		
Total	314993,	125			

Análise de Variância para Densidade Mínima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	192891,0	6	32148,5	16,76	0,0000
Erro	228299,0	119	1918,48		
Total	421190,0	125			

Análise de Variância para Densidade Máxima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	120772,	6	20128,7	6,94	0,0000
Erro	345120,	119	2900,17		
Total	465892,	125			

Análise de Variância para Densidade Média obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	49903,5	11	4536,68	2,06	0,0245
Erro	441770,	201	2197,86		
Total	491674,	212			

Análise de Variância para Densidade Mínima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	148786,	11	13526,0	6,12	0,0000
Erro	444017,	201	2209,04		
Total	592803,	212			

Análise de Variância para Densidade Mínima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	102457,	11	9314,29	3,18	0,0005
Erro	582683,	199	2928,05		
Total	685140,	210			

Análise de Covariância para Módulo de Ruptura a Flexão Estática dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	1198,71	1	1198,71	588,60	0,0000
Efeito					
Tratamento	2037,72	6	339,62	166,76	0,0000
Erro	240,312	118	2,03654		
Total	2880,22	125			

Análise de Variância para Módulo de Ruptura a Flexão Estática dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	1039,28	11	94,4797	10,15	0,0000
Erro	1899,32	204	9,3104		
Total	2938,6	215			

Análise de Covariância para Módulo de Elasticidade a Flexão Estática dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	1,92451E7	1	1,92451E7	1004,29	0,0000
Efeito					
Tratamento	1,11309E7	6	1,85515E6	96,81	0,0000
Erro	2,26122E6	118	19162,9		
Total	2,75012E7	125			

Análise de Variância para Módulo de Elasticidade a Flexão Estática dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	1,14746E7	11	1,04314E6	6,98	0,0000
Erro	3,04702E7	204	149364,		
Total	4,19448E7	215			

Análise de Covariância para Tração Perpendicular a Superfície dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	1,37366	1	1,37366	101,85	0,0000
Efeito					
Tratamento	18,495	6	3,0825	228,54	0,0000
Erro	1,76688	131	0,0134876		
Total	21,1021	138			

Análise de Variância para Tração Perpendicular a Superfície dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	6,06961	11	0,551783	28,97	0,0000
Erro	4,5524	239	0,0190477		
Total	10,622	250			

Análise de Covariância para Resistência ao Arrancamento de Parafuso na Superfície dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	16555,3	1	16555,3	52,43	0,0000
Efeito					
Tratamento	82069,0	6	13678,2	43,32	0,0000
Erro	17366,8	55	315,76		
Total	106357,0	62			

Análise de Variância para Resistência ao Arrancamento de Parafuso na Superfície dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	49139,3	11	4467,21	9,58	0,0000
Erro	44755,2	96	466,2		
Total	93894,6	107			

Análise de Covariância para Resistência ao Arrancamento de parafuso no Topo dos Painéis Homogêneos

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Covariável					
Massa Específica	1450,75	1	1450,75	8,41	0,0053
Efeito					
Tratamento	78908,5	6	13151,4	76,25	0,0000
Erro	9485,72	55	172,468		
Total	88604,3	62			

Análise de Variância para Resistência ao Arrancamento de Parafuso no Topo dos Painéis Multicamadas

Fonte de Variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado Médio	F	Probabilidade
Efeito					
Tratamento	52620,6	11	4783,69	18,91	0,0000
Erro	24036,2	95	253,013		
Total	76656,9	106			

TESTE DE TUKEY

Teste de Tukey para Altura Total - HT

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	5	10,74	1,15722	c
<i>Grevillea robusta</i>	5	13,78	1,15722	bc
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	18,14	1,15722	ab
<i>Melia azedarach</i>	5	22,36	1,15722	a
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	22,74	1,15722	a

Teste de Tukey para Altura Comercial - HC

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	5	5,86	0,621997	c
<i>Grevillea robusta</i>	5	7,92	0,621997	c
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	12,63	0,621997	b
<i>Melia azedarach</i>	5	15,54	0,621997	a
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	15,98	0,621997	a

Teste de Tukey para Diâmetro a Altura do Peito - DAP

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	5	15,854	1,43674	b
<i>Grevillea robusta</i>	5	21,518	1,43674	ab
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	21,676	1,43674	ab
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	23,108	1,43674	a
<i>Melia azedarach</i>	5	24,192	1,43674	a

Teste de Tukey para Incremento Médio Anual em diâmetro - IMA_d

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	5	0,914	0,0813191	c
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	1,112	0,0813191	bc
<i>Grevillea robusta</i>	5	1,122	0,0813191	bc
<i>Melia azedarach</i>	5	1,306	0,0813191	ab
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	1,492	0,0813191	a

Teste de Tukey para Volume com casca – V_c/c

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	5	0,0702	0,0316512	c
<i>Grevillea robusta</i>	5	0,1548	0,0316512	bc
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,2622	0,0316512	ab
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	0,263	0,0316512	ab
<i>Melia azedarach</i>	5	0,3204	0,0316512	a

Teste de Tukey para Volume sem casca – V_s/c

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	5	0,0642	0,0316512	c
<i>Grevillea robusta</i>	5	0,1332	0,0316512	bc
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	0,243	0,0316512	ab
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	0,2448	0,0316512	ab
<i>Melia azedarach</i>	5	0,2944	0,0316512	a

Teste de Tukey para Volume da Casca

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	5	6,7754	0,774667	b
<i>Schizolobium parahyba</i>	5	7,4978	0,774667	b
<i>Melia azedarach</i>	5	8,187	0,774667	b
<i>Toona ciliata</i>	5	8,9972	0,774667	b
<i>Grevillea robusta</i>	5	13,9766	0,774667	a

Teste de Tukey para Massa Específica da Madeira¹

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Schizolobium parahyba</i>	41	16,247	0,0851518	d
<i>Toona ciliata</i>	53	19,3038	0,0748941	c
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	52	21,3809	0,0756108	b
<i>Melia azedarach</i>	35	22,0908	0,0921619	a
<i>Grevillea robusta</i>	41	22,2133	0,0851518	a
<i>Pinus taeda</i>	19	22,27	0,125086	a

Teste de Tukey para Solubilidade em Água Fria

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Pinus taeda</i>	3	2,33833	0,0859051	e
<i>Melia azedarach</i>	3	2,93107	0,0859051	d
<i>Grevillea robusta</i>	3	4,5929	0,0859051	c
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	5,6089	0,0859051	b
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	6,5912	0,0859051	a
<i>Toona ciliata</i>	3	6,6414	0,0859051	a

Teste de Tukey para Solubilidade em Água Quente

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Melia azedarach</i>	3	3,84877	0,0748693	d
<i>Pinus taeda</i>	3	4,7234	0,0748693	c
<i>Grevillea robusta</i>	3	4,82943	0,0748693	c
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	8,2176	0,0748693	b
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	8,31413	0,0748693	b
<i>Toona ciliata</i>	3	9,2412	0,0748693	a

Teste de Tukey para Solubilidade em NaOH

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Melia azedarach</i>	3	12,2584	0,0874827	f
<i>Pinus taeda</i>	3	13,7087	0,0874827	e
<i>Grevillea robusta</i>	3	16,5601	0,0874827	d
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	18,6792	0,0874827	c
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	20,9646	0,0874827	b
<i>Toona ciliata</i>	3	22,1087	0,0874827	a

Teste de Tukey para Extração em Etanol-Tolueno

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Melia azedarach</i>	2	2,94895	0,107711	f
<i>Pinus taeda</i>	2	4,0612	0,107711	e
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	5,91317	0,0879456	d
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	6,37883	0,0879456	c
<i>Toona ciliata</i>	2	7,5793	0,107711	b
<i>Grevillea robusta</i>	3	8,16517	0,0879456	a

Teste de Tukey para Extrativos Totais

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Melia azedarach</i>	3	4,41	0,119946	e
<i>Pinus taeda</i>	3	7,37667	0,119946	d
<i>Grevillea robusta</i>	3	8,32333	0,119946	c
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	8,84667	0,119946	c
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	9,43667	0,119946	b
<i>Toona ciliata</i>	3	10,3333	0,119946	a

Teste de Tukey para Materiais Inorgânicos

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Pinus taeda</i>	2	0,3	0,0186525	e
<i>Grevillea robusta</i>	2	0,415	0,0186525	d
<i>Melia azedarach</i>	2	0,52	0,0186525	c
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	0,663333	0,0152297	b
<i>Toona ciliata</i>	2	0,745	0,0186525	ab
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	0,81	0,0152297	a

Teste de Tukey para Lignina

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	16,5592	0,0186525	e
<i>Toona ciliata</i>	2	18,37	0,0186525	d
<i>Schizolobium parahyba</i>	2	21,01	0,0186525	c
<i>Grevillea robusta</i>	2	22,115	0,0152297	b
<i>Melia azedarach</i>	2	22,635	0,0186525	b
<i>Pinus taeda</i>	2	29,335	0,0152297	a

Teste de Tukey para Holocelulose

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Pinus taeda</i>	2	63,03	0,141466	e
<i>Grevillea robusta</i>	2	69,205	0,141466	d
<i>Schizolobium parahyba</i>	2	69,395	0,141466	d
<i>Toona ciliata</i>	2	70,355	0,141466	c
<i>Melia azedarach</i>	2	72,37	0,141466	b
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	2	73,49	0,141466	a

Teste de Tukey para pH 2 horas

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Pinus taeda</i>	3	4,52333	0,00805076	e
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	4,97	0,00805076	d
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	4,97333	0,00805076	d
<i>Grevillea robusta</i>	3	5,29667	0,00805076	c
<i>Melia azedarach</i>	3	5,40667	0,00805076	b
<i>Toona ciliata</i>	3	5,50333	0,00805076	a

Teste de Tukey para pH 24 horas

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Pinus taeda</i>	3	4,57667	0,0179505	e
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	5,03667	0,0179505	d
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	5,07333	0,0179505	c
<i>Grevillea robusta</i>	3	5,39333	0,0179505	b
<i>Melia azedarach</i>	3	5,50333	0,0179505	a
<i>Toona ciliata</i>	3	5,54333	0,0179505	a

Teste de Tukey para Índice de Esbeltez²

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Schizolobium parahyba</i>	487	2,18834	0,0166818	e
<i>Pinus taeda</i>	498	2,31253	0,0164966	d
<i>Toona ciliata</i>	494	2,44297	0,0165632	c
<i>Grevillea robusta</i>	488	2,49263	0,0166647	bc
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	484	2,51949	0,0167334	b
<i>Melia azedarach</i>	485	2,83054	0,0167162	a

Teste de Tukey para Razão de Planicidade²

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	495	0,6965	0,0145728	e
<i>Grevillea robusta</i>	500	0,724211	0,0144997	d
<i>Schizolobium parahyba</i>	500	0,778634	0,0144997	c
<i>Melia azedarach</i>	490	0,80053	0,0146469	bc
<i>Pinus taeda</i>	496	0,819868	0,0145581	b
<i>Toona ciliata</i>	495	0,888166	0,0145728	a

Teste de Tukey para Área Superficial Específica²

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Melia azedarach</i>	466	4,69583	0,00980999	d
<i>Pinus taeda</i>	499	4,70702	0,00948006	d
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	499	4,72293	0,00948006	cd
<i>Grevillea robusta</i>	455	4,75439	0,00992786	c
<i>Toona ciliata</i>	495	4,92295	0,00951829	b
<i>Schizolobium parahyba</i>	456	5,13989	0,00991697	a

Teste de Tukey para Disponibilidade de Resina

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Toona ciliata</i>	3	8,28333	0,537598	c
<i>Grevillea robusta</i>	3	9,34667	0,537598	bc
<i>Schizolobium parahyba</i>	3	11,2567	0,537598	ab
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	3	12,0233	0,537598	a
<i>Pinus taeda</i>	3	12,6433	0,537598	a
<i>Melia azedarach</i>	3	13,0133	0,537598	a

Teste de Tukey para Teor de Umidade das Partículas

Espécie	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
<i>Melia azedarach</i>	2	2,825	0,124818	b
<i>Pinus taeda</i>	5	2,858	0,0789416	b
<i>Toona ciliata</i>	2	3,03	0,124818	ab
<i>Grevillea robusta</i>	2	3,15	0,124818	ab
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	2	3,175	0,124818	ab
<i>Schizolobium parahyba</i>	2	3,475	0,124818	a

Teste de Tukey para Massa Específica dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	18	719,469	11,3971	c
5	18	729,372	11,3971	c
3	18	744,124	11,3971	bc
2	18	753,799	11,3971	abc
1	18	777,882	11,3971	ab
4	18	780,703	11,3971	ab
7	18	793,505	11,3971	a

Teste de Tukey para Massa Específica dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
18	18	773,869	11,9493	a
1	18	777,882	11,9493	a
11	18	778,467	11,9493	a
8	18	778,943	11,9493	a
16	18	781,476	11,9493	a
17	18	782,68	11,9493	a
14	18	790,994	11,9493	a
9	17	793,308	12,2957	a
10	18	795,177	11,9493	a
12	18	795,182	11,9493	a
15	18	800,782	11,9493	a
13	18	802,724	11,9493	a

Teste de Tukey para Razão de Compactação dos Painéis Homogêneos³

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
1	18	56,7047	0,0368442	f
4	18	56,8177	0,0369952	f
3	18	57,1102	0,0364917	e
2	18	58,6952	0,0363147	d
7	18	61,141	0,0379031	c
6	18	63,7225	0,0379235	b
5	17	70,9645	0,0385039	a

Teste de Tukey para Razão de Compactação dos Painéis Multicamadas³

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
1	18	57,3968	0,377149	g
9	18	57,9825	0,377149	fg
10	18	58,0486	0,377149	efg
14	18	58,1088	0,377149	efg
15	18	58,2497	0,377149	efg
8	18	58,2501	0,377149	efg
13	18	59,3917	0,377149	def
18	18	59,7879	0,377149	de
12	18	60,5856	0,377149	cd
17	18	61,591	0,377149	bc
11	18	62,5608	0,377149	b
16	18	65,3738	0,377149	a

Teste de Tukey para Teor de Umidade dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
5	9	9,38667	0,127675	c
2	9	9,50222	0,127675	bc
7	9	9,56111	0,127675	bc
4	9	9,59556	0,127675	bc
3	9	9,94889	0,127675	ab
6	9	9,95333	0,127675	ab
1	9	10,2189	0,127675	a

Teste de Tukey para Teor de Umidade dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
16	9	9,65556	0,112274	c
13	9	9,66444	0,112274	c
11	9	9,86889	0,112274	bc
15	9	9,91	0,112274	abc
8	9	9,94444	0,112274	abc
10	9	9,96778	0,112274	abc
18	9	10,0667	0,112274	abc
9	9	10,0889	0,112274	abc
12	9	10,2133	0,112274	ab
1	9	10,2189	0,112274	ab
17	9	10,2933	0,112274	ab
14	9	10,4233	0,112274	a

Teste de Tukey para Absorção de Água dos Painéis Homogêneos após 2 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
1	18	2,12813	0,0246312	d
3	18	2,2483	0,0244198	d
4	18	2,40949	0,0247286	c
7	18	2,42936	0,0253169	c
6	18	2,45992	0,0253717	c
2	18	2,91478	0,0242983	b
5	18	3,35037	0,024882	a

Teste de Tukey para Absorção de Água dos Painéis Multicamadas após 2 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	18	3,20629	0,0323516	e
1	18	3,25056	0,0323516	e
14	18	3,29631	0,0323516	de
18	18	3,32103	0,0323516	cde
12	18	3,37299	0,0323516	bcde
10	18	3,37788	0,0323516	bcd
13	18	3,3891	0,0323516	bcd
17	18	3,40982	0,0323516	bc
9	18	3,58605	0,0323516	b
8	18	3,59294	0,0323516	a
16	18	3,59581	0,0323516	a
11	18	3,88686	0,0323516	a

Teste de Tukey para Absorção de Água dos Painéis Homogêneos após 24 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
1	17	3,37494	0,0164667	e
3	18	3,42982	0,0159203	e
6	17	3,50007	0,0168397	d
7	18	3,56832	0,0166421	d
4	18	3,75915	0,0161956	c
2	16	3,95276	0,0168893	b
5	18	4,15846	0,0162404	a

Teste de Tukey para Absorção de Água dos Painéis Multicamadas após 24 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
14	18	3,2149	0,0154879	e
9	18	3,25756	0,0154868	de
1	18	3,29845	0,0155084	Cde
12	18	3,31488	0,0155006	cde
18	18	3,34086	0,0155328	cd
13	18	3,39865	0,0154903	cd
15	18	3,40977	0,0155321	cd
17	18	3,42561	0,0155469	c
11	18	3,56487	0,0155055	b
8	18	3,57576	0,0155033	b
10	18	3,61149	0,0155006	b
16	18	3,87283	0,0154937	a

Teste de Tukey para Inchamento em Espessura dos Painéis Homogêneos após 2 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	18	2,4976	0,0213955	c
3	18	2,52169	0,0205927	c
1	18	2,55852	0,020771	c
7	18	2,56861	0,0213492	c
2	18	2,64469	0,0204902	b
4	18	2,69086	0,0208531	b
5	18	2,81832	0,0209825	a

Teste de Tukey para Inchamento em Espessura dos Painéis Multicamadas após 2 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	18	2,3939	0,0195114	d
14	18	2,52218	0,0194553	c
12	18	2,55217	0,0194715	bc
1	18	2,56498	0,0194803	bc
13	18	2,56894	0,0195301	bc
9	18	2,57178	0,0194538	bc
10	18	2,57499	0,0194714	bc
16	17	2,63681	0,0200285	ab
18	18	2,64387	0,0195108	ab
8	18	2,66954	0,019474	a
17	17	2,68229	0,0200245	a
11	18	2,70159	0,0194767	a

Teste de Tukey para Inchamento em Espessura dos Painéis Homogêneos após 24 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	18	2,81387	0,0205278	e
3	18	2,87506	0,0197398	de
1	18	2,92119	0,0199014	de
7	18	2,93667	0,0204581	d
2	17	3,19659	0,0202074	c
4	17	3,25751	0,0206495	b
5	18	3,38403	0,0201235	a

Teste de Tukey para Inchamento em Espessura dos Painéis Multicamadas após 24 horas de imersão²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	18	2,6732	0,0203133	e
12	18	2,79196	0,0203133	d
14	18	2,81117	0,0203133	d
13	18	2,84624	0,0203133	cd
9	18	2,85675	0,0203133	cd
18	18	2,8788	0,0203133	cd
1	18	2,91871	0,0203133	c
17	18	2,93602	0,0203133	c
11	18	3,03547	0,0203133	b
8	18	3,06712	0,0203133	b
10	18	3,09345	0,0203133	b
16	18	3,26238	0,0203133	a

Teste de Tukey para Taxa de Não Retorno em Espessura dos Painéis Homogêneos²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	18	2,5845	0,0234072	f
3	18	2,93576	0,0224527	e
1	18	3,05152	0,0225925	e
7	18	3,2588	0,0232218	d
2	18	3,44091	0,0223182	c
5	17	3,64175	0,0233821	b
4	16	4,49294	0,0242293	a

Teste de Tukey para Taxa de Não Retorno em Espessura dos Painéis Multicamadas²

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
12	18	2,89952	0,0223349	g
9	18	2,93599	0,0223124	fg
14	18	2,93942	0,0223144	fg
1	16	3,06074	0,0236887	ef
18	17	3,10589	0,0231171	de
17	18	3,14935	0,0223154	de
13	18	3,20606	0,0224072	d
11	18	3,3926	0,022337	c
8	18	3,42472	0,0223339	c
16	18	3,5889	0,0223201	b
15	18	3,68493	0,0223842	b
10	18	3,92024	0,0223348	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	3	-0,838737	0,20126	a
5	3	-0,810225	0,158237	a
1	3	-0,778262	0,156673	a
3	3	-0,730998	0,129801	a
4	3	-0,65189	0,155595	a
2	3	-0,607335	0,127543	a
7	3	-0,554728	0,149434	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
10	3	-0,828611	0,0629445	a
11	3	-0,818792	0,0629445	a
15	3	-0,805144	0,0629445	a
1	3	-0,778262	0,0629445	a
12	3	-0,759939	0,0629445	a
16	3	-0,735446	0,0629445	a
17	3	-0,715647	0,0629445	a
14	3	-0,711406	0,0629445	a
18	3	-0,693891	0,0629445	a
9	3	-0,671629	0,0629445	a
8	3	-0,644076	0,0629445	a
13	3	-0,607074	0,0629445	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
1	3	0,233088	0,123488	a
2	3	0,371017	0,100528	a
3	3	0,384196	0,102307	a
7	3	0,399473	0,117782	a
4	3	0,426399	0,122638	a
5	3	0,479936	0,124721	a
6	3	0,508368	0,158631	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional no Comprimento com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
1	3	0,233088	0,0815856	a
9	3	0,242444	0,0815856	a
13	3	0,285686	0,0815856	a
18	3	0,291798	0,0815856	a
15	3	0,316862	0,0815856	a
14	3	0,429125	0,0815856	a
16	3	0,467472	0,0815856	a
10	3	0,488782	0,0815856	a
11	3	0,508857	0,0815856	a
12	3	0,519744	0,0815856	a
17	3	0,533118	0,0815856	a
8	3	0,540506	0,0815856	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
4	3	-4,42486	0,360939	a
1	3	-3,99043	0,363514	a
7	3	-3,97097	0,346227	a
5	3	-3,8884	0,370228	a
6	3	-3,64646	0,473747	a
3	3	-3,40401	0,300711	a
2	2	-3,27796	0,36757	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-30% dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	3	-4,76344	0,280944	a
16	3	-4,34465	0,280944	a
11	3	-4,34195	0,280944	a
17	3	-4,24015	0,280944	a
14	3	-4,147	0,280944	a
10	3	-4,11904	0,280944	a
9	3	-3,99886	0,280944	a
18	3	-3,99749	0,280944	a
12	3	-3,99592	0,280944	a
1	3	-3,99043	0,280944	a
8	3	-3,86774	0,280944	a
13	3	-3,49989	0,280944	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
7	3	3,16695	0,527135	b
6	3	3,38562	0,527135	ab
3	3	4,12563	0,527135	ab
4	3	4,79525	0,527135	ab
5	3	5,53618	0,527135	ab
1	3	5,70238	0,527135	ab
2	3	5,79835	0,527135	a

Teste de Tukey para Variação Dimensional na Espessura com mudança da UR de 65-85% dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
12	3	3,03201	0,340308	d
9	3	3,29203	0,340308	cd
14	3	3,30478	0,340308	cd
13	3	3,38873	0,340308	cd
10	3	3,72901	0,340308	bcd
11	3	4,10114	0,340308	abcd
8	3	4,37881	0,340308	abcd
17	3	4,8116	0,340308	abc
16	3	4,93959	0,340308	abc
15	3	5,20417	0,340308	ab
18	3	5,63015	0,340308	a
1	3	5,70238	0,340308	a

Teste de Tukey para Densidade Média obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	18	666,278	10,5538	b
5	18	671,444	10,5538	b
3	18	687,167	10,5538	ab
2	18	695,778	10,5538	ab
4	18	725,667	10,5538	a
1	18	725,889	10,5538	a
7	18	727,944	10,5538	a

Teste de Tukey para Densidade Mínima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
6	18	604,0	10,3239	b
5	18	610,833	10,3239	b
3	18	682,222	10,3239	a
2	18	684,056	10,3239	a
1	18	684,722	10,3239	a
7	18	701,5	10,3239	a
4	18	706,611	10,3239	a

Teste de Tukey para Densidade Máxima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
3	18	742,889	12,6933	c
2	18	779,611	12,6933	bc
4	18	795,778	12,6933	abc
6	18	806,222	12,6933	ab
7	18	819,278	12,6933	ab
5	18	823,722	12,6933	ab
1	18	845,444	12,6933	a

Teste de Tukey para Densidade Média obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
16	18	712,111	11,05	b
18	18	712,278	11,05	b
8	16	713,25	11,7203	b
11	18	714,667	11,05	b
17	18	722,833	11,05	ab
1	18	725,889	11,05	ab
12	18	727,167	11,05	ab
9	17	727,588	11,3704	ab
14	18	728,889	11,05	ab
10	18	729,278	11,05	ab
13	18	739,111	11,05	ab
15	18	769,889	11,05	a

Teste de Tukey para Densidade Mínima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
16	18	655,333	11,0781	c
11	18	656,333	11,0781	c
12	18	664,889	11,0781	bc
10	18	673,889	11,0781	bc
8	16	675,375	11,7501	bc
1	18	684,722	11,0781	bc
17	18	699,722	11,0781	abc
13	18	700,444	11,0781	abc
9	17	703,0	11,3993	abc
18	18	705,611	11,0781	abc
14	18	714,167	11,0781	ab
15	18	750,278	11,0781	a

Teste de Tukey para Densidade Máxima obtida a partir do Perfil de Densidade dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
9	17	806,235	13,124	c
18	18	807,833	12,7542	c
14	16	814,125	13,5279	bc
8	16	821,25	13,5279	abc
10	18	830,833	12,7542	abc
16	18	832,278	12,7542	abc
17	18	835,556	12,7542	abc
15	18	837,222	12,7542	abc
13	18	839,556	12,7542	abc
1	18	845,444	12,7542	abc
11	18	871,778	12,7542	ab
12	18	880,944	12,7542	a

Teste de Tukey para Módulo de Ruptura a Flexão Estática dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
4	18	7,04444	0,339286	e
1	18	11,1706	0,350577	d
7	18	15,4041	0,338482	c
5	18	15,6956	0,345181	c
2	18	18,1894	0,336428	b
3	18	18,5634	0,336367	ab
6	18	19,8314	0,349691	a

Teste de Tukey para Módulo de Ruptura a Flexão Estática dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	18	10,5059	0,397604	g
10	18	10,8726	0,395963	fg
1	18	12,7932	0,397548	ef
16	18	14,3895	0,396347	de
18	18	14,6665	0,39604	cde
17	18	15,5486	0,396019	bcd
14	18	16,0399	0,39601	bcd
8	18	16,357	0,397844	bc
11	18	16,3771	0,396086	bc
9	18	16,93	0,396012	ab
13	18	16,973	0,395948	ab
12	18	18,7267	0,395964	a

Teste de Tukey para Módulo de Elasticidade a Flexão Estática dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
4	18	1474,57	32,9116	d
1	18	1581,11	34,0069	d
5	18	1973,79	33,4835	c
7	18	2072,67	32,8337	bc
2	18	2134,19	32,6345	b
3	18	2191,6	32,6286	b
6	18	2427,31	33,921	a

Teste de Tukey para Módulo de Elasticidade a Flexão Estática dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	18	1755,05	51,6818	e
1	18	1787,88	51,6745	e
17	18	1791,75	51,4757	e
18	18	1877,69	51,4785	e
10	18	1877,86	51,4685	e
16	18	1915,92	51,5184	de
14	18	1954,73	51,4746	de
11	18	2136,71	51,4845	cd
13	18	2199,1	51,4666	bc
8	18	2247,35	51,713	bc
9	18	2405,19	51,4749	ab
12	18	2528,89	51,4686	a

Teste de Tukey para Tração Perpendicular a Superfície dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
4	21	0,614118	0,0273573	f
1	21	1,05214	0,0294401	e
7	21	1,09449	0,0278078	e
5	21	1,34024	0,0388662	d
2	17	1,50089	0,0316461	c
6	21	1,63841	0,0348401	b
3	17	1,87573	0,0288276	a

Teste de Tukey para Tração Perpendicular a Superfície dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
10	21	0,687619	0,030117	f
15	21	0,83	0,030117	e
17	21	0,945238	0,030117	de
12	21	0,970476	0,030117	d
14	21	0,971905	0,030117	d
11	21	1,05048	0,030117	cd
18	21	1,06762	0,030117	bcd
13	21	1,0719	0,030117	bcd
8	20	1,178	0,0308607	abc
16	21	1,19143	0,030117	ab
1	21	1,20333	0,030117	ab
9	21	1,22286	0,030117	a

Teste de Tukey para Resistência ao Arrancamento de Parafuso na Superfície dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
4	9	920,16	8,20401	e
1	9	1206,71	8,20401	de
5	9	1244,46	8,20401	cde
2	9	1505,13	8,20401	bcd
7	9	1560,04	8,20401	ab
6	9	1705,57	8,20401	ab
3	9	2003,60	8,20401	a

Teste de Tukey para Resistência ao Arrancamento de Parafuso na Superfície dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
10	9	1092,17	7,19722	d
15	9	1149,73	7,19722	cd
1	9	1206,71	7,19722	cd
16	9	1321,94	7,19722	bcd
11	9	1367,34	7,19722	bcd
8	9	1409,22	7,19722	bcd
12	9	1467,73	7,19722	bc
18	9	1539,74	7,19722	ab
13	9	1596,23	7,19722	ab
17	9	1596,92	7,19722	ab
9	9	1632,51	7,19722	ab
14	9	1820,21	7,19722	a

Teste de Tukey para Resistência ao Arrancamento de Parafuso no Topo dos Painéis Homogêneos

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
4	9	735,20	4,51604	e
5	9	1244,27	4,5187	d
1	9	1295,95	4,47183	cd
7	9	1377,54	4,56491	cd
6	9	1493,26	4,73643	bc
2	9	1571,62	4,37977	b
3	9	2005,85	4,38467	a

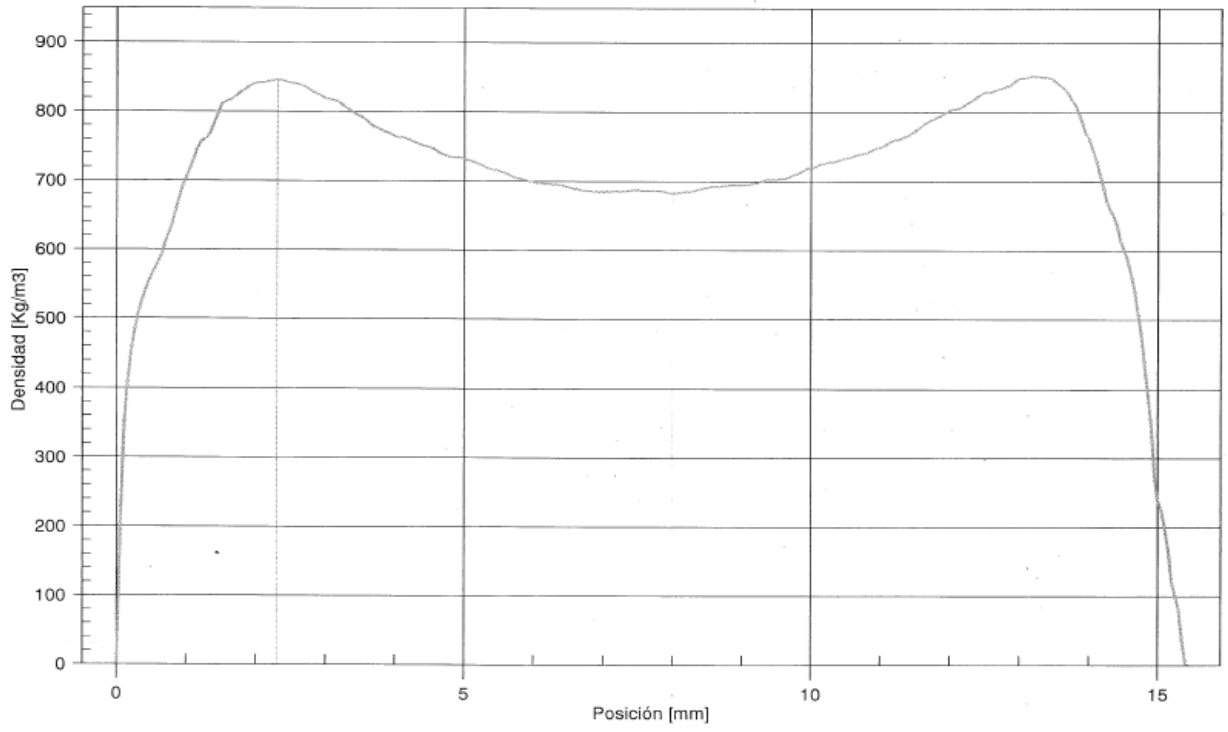
Teste de Tukey para Resistência ao Arrancamento de Parafuso no Topo dos Painéis Multicamadas

Tratamento	Amostras	Média	LS Sigma	Grupos Homogêneos
15	9	1025,38	5,30213	f
11	9	1165,23	5,30213	ef
12	9	1178,47	5,30213	ef
10	9	1193,58	5,30213	ef
16	9	1219,36	5,30213	ef
1	9	1314,88	5,30213	de
8	9	1323,90	5,30213	de
18	9	1396,17	5,30213	cde
9	9	1467,08	5,30213	bcd
17	9	1601,13	5,30213	abc
13	9	1684,39	5,30213	ab
14	8	1775,00	5,62375	a

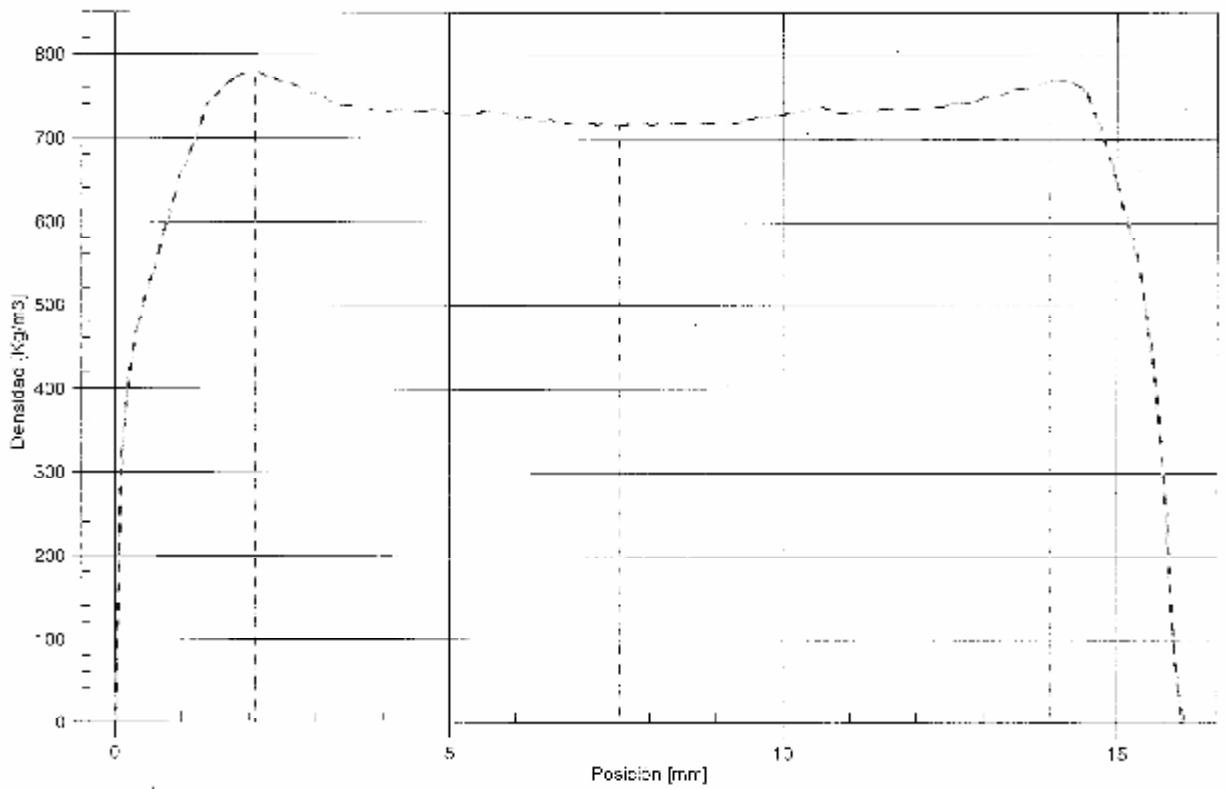
PERFIL DE DENSIDADE

Painéis Homogêneos

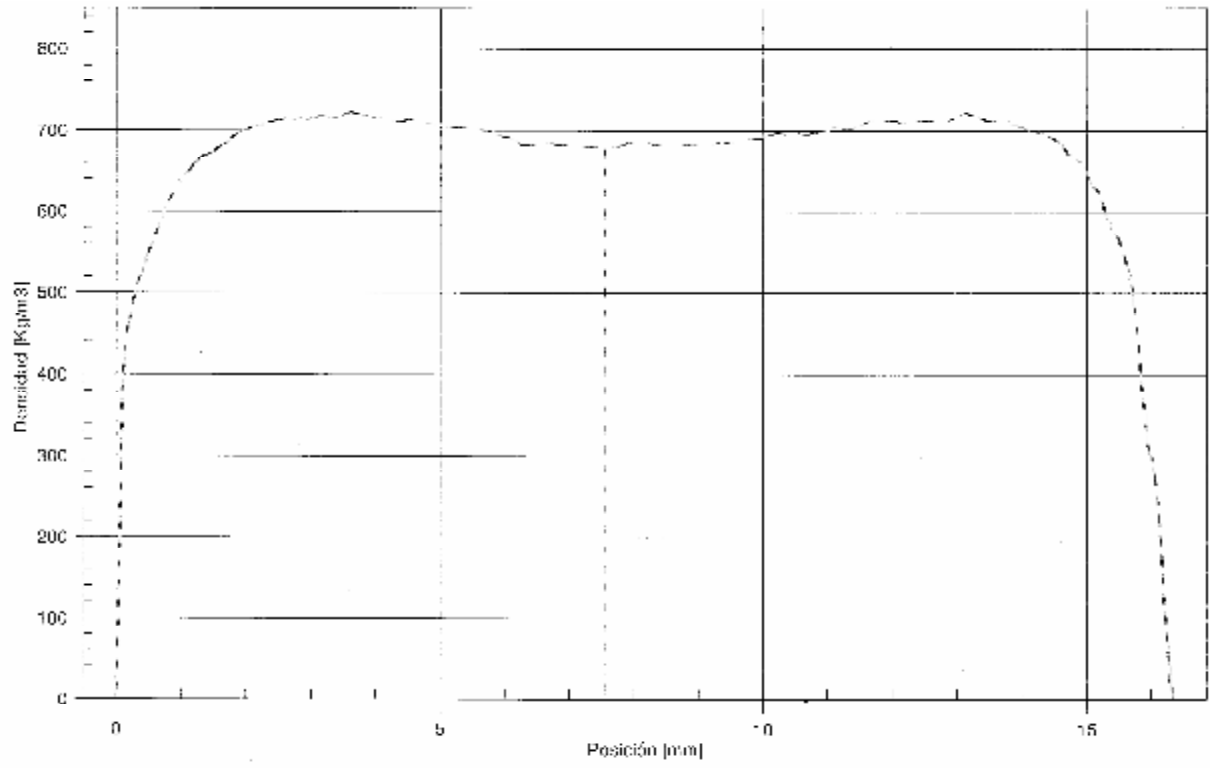
Tratamento 1 - Painei 1



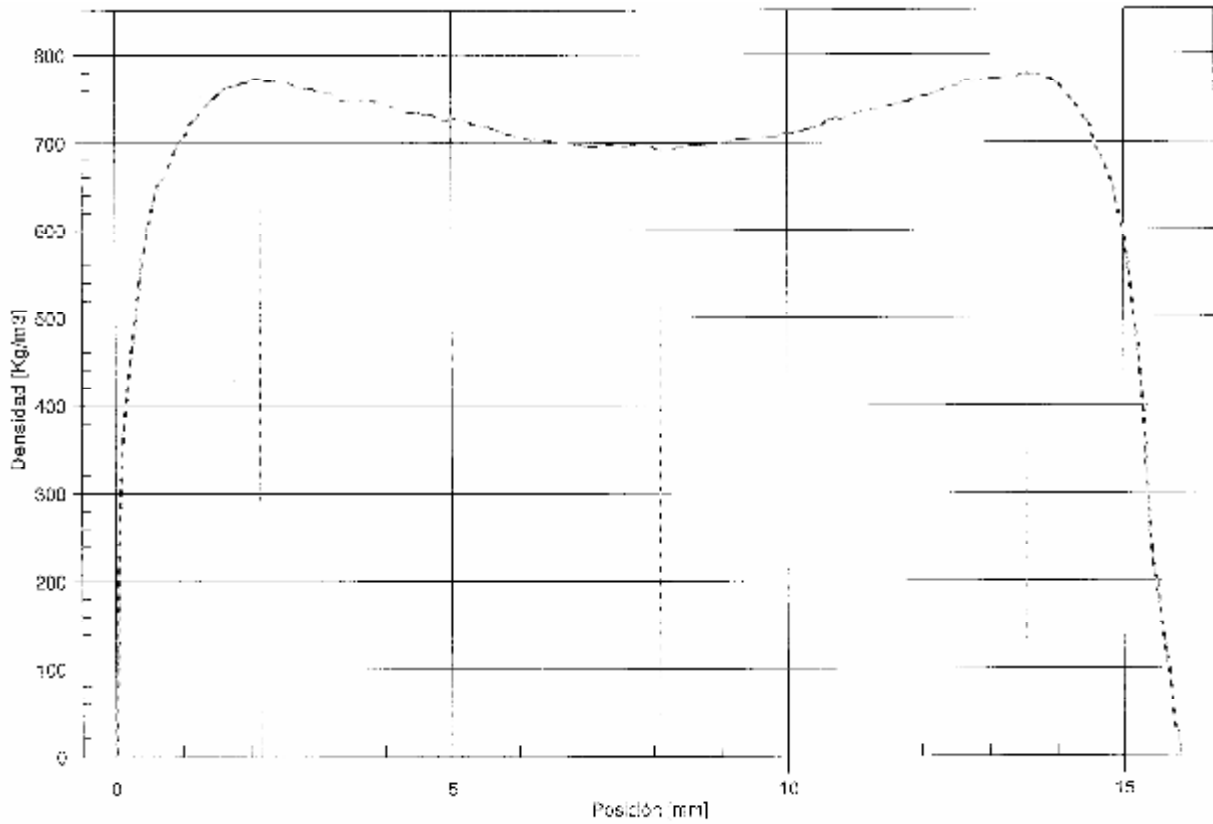
Tratamento 2 - Painei 6



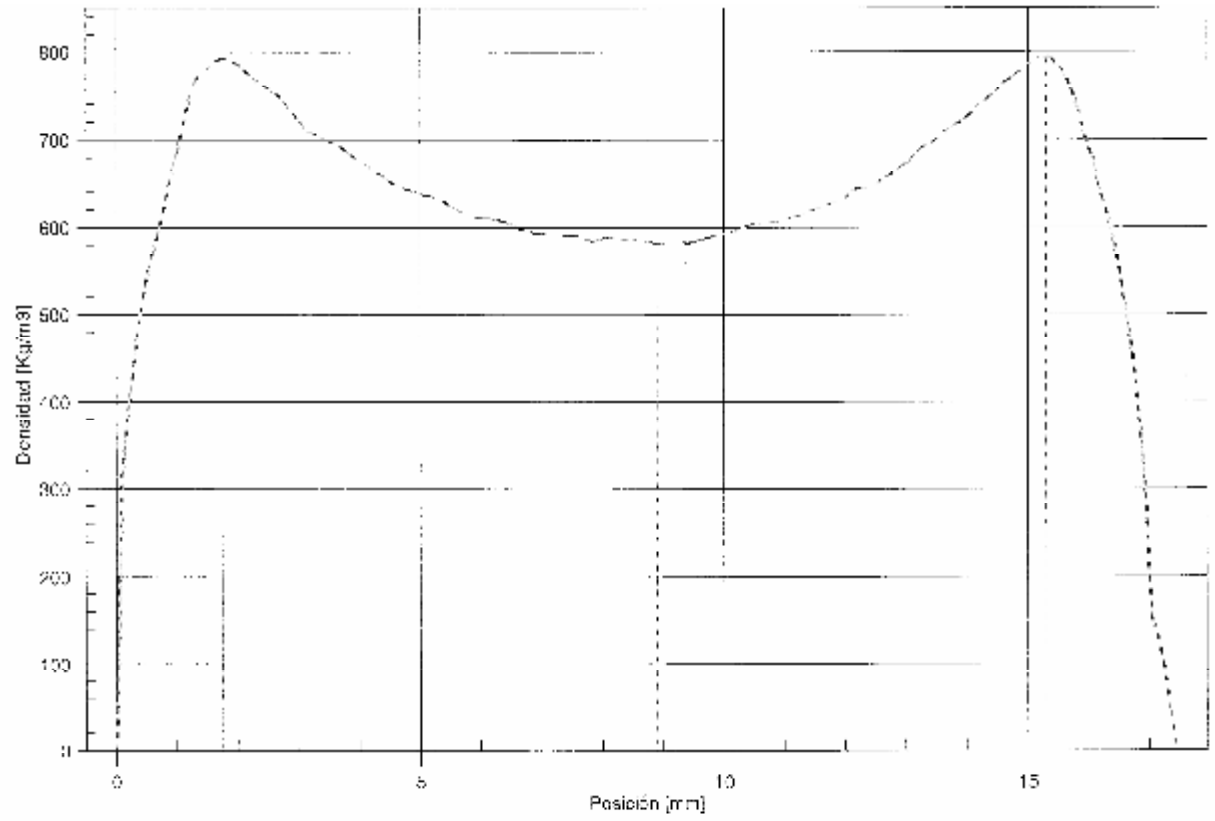
Tratamiento 3 - Paniel 7



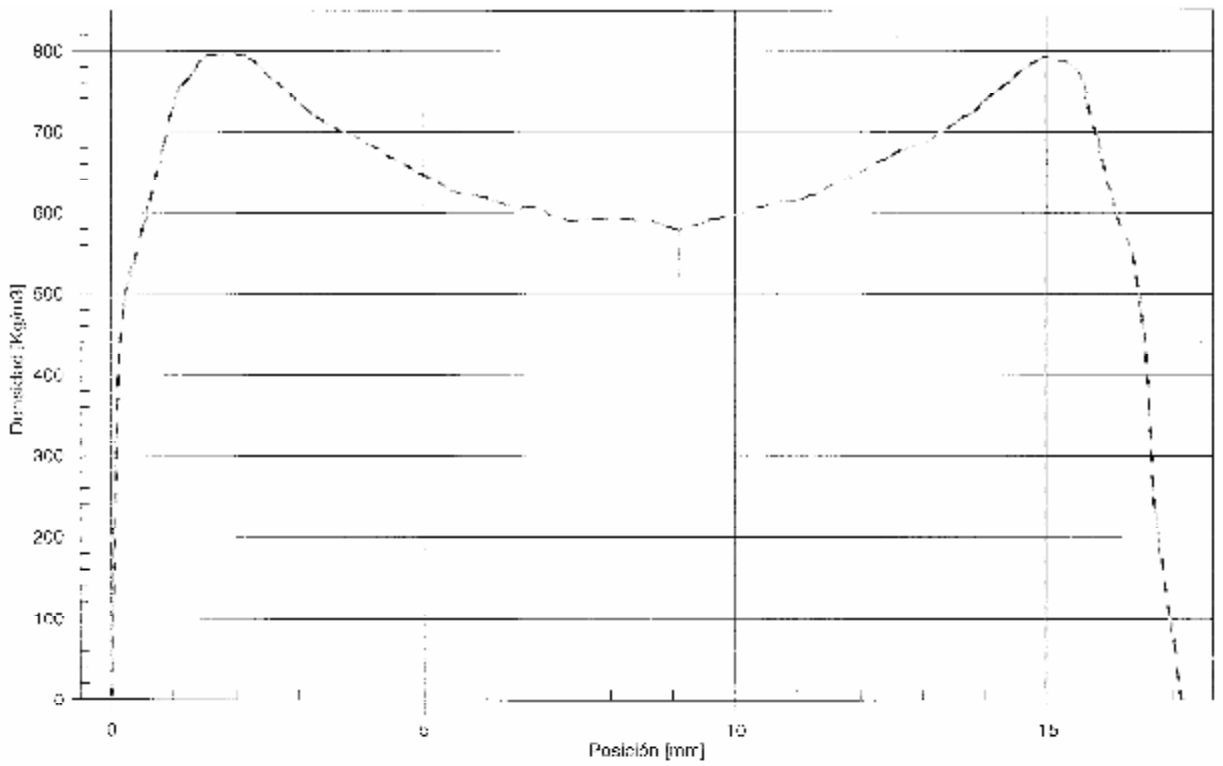
Tratamiento 4 - Paniel 11



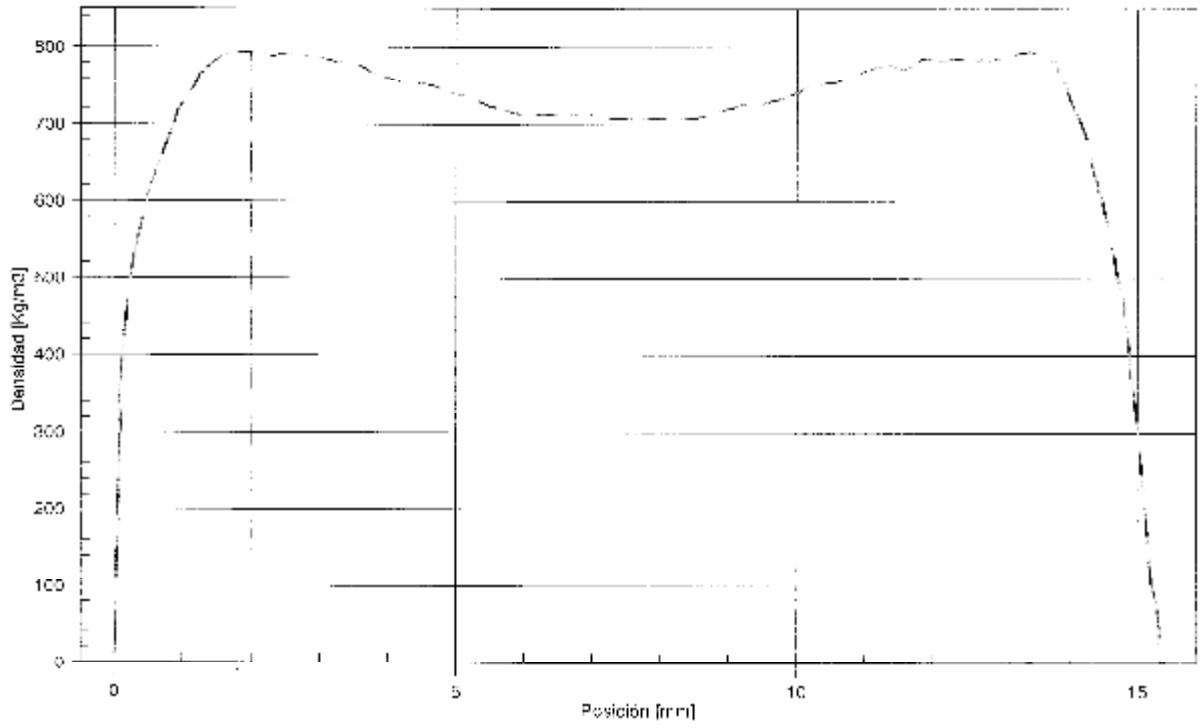
Tratamiento 5 - Paniel 13



Tratamiento 6 - Paniel 16

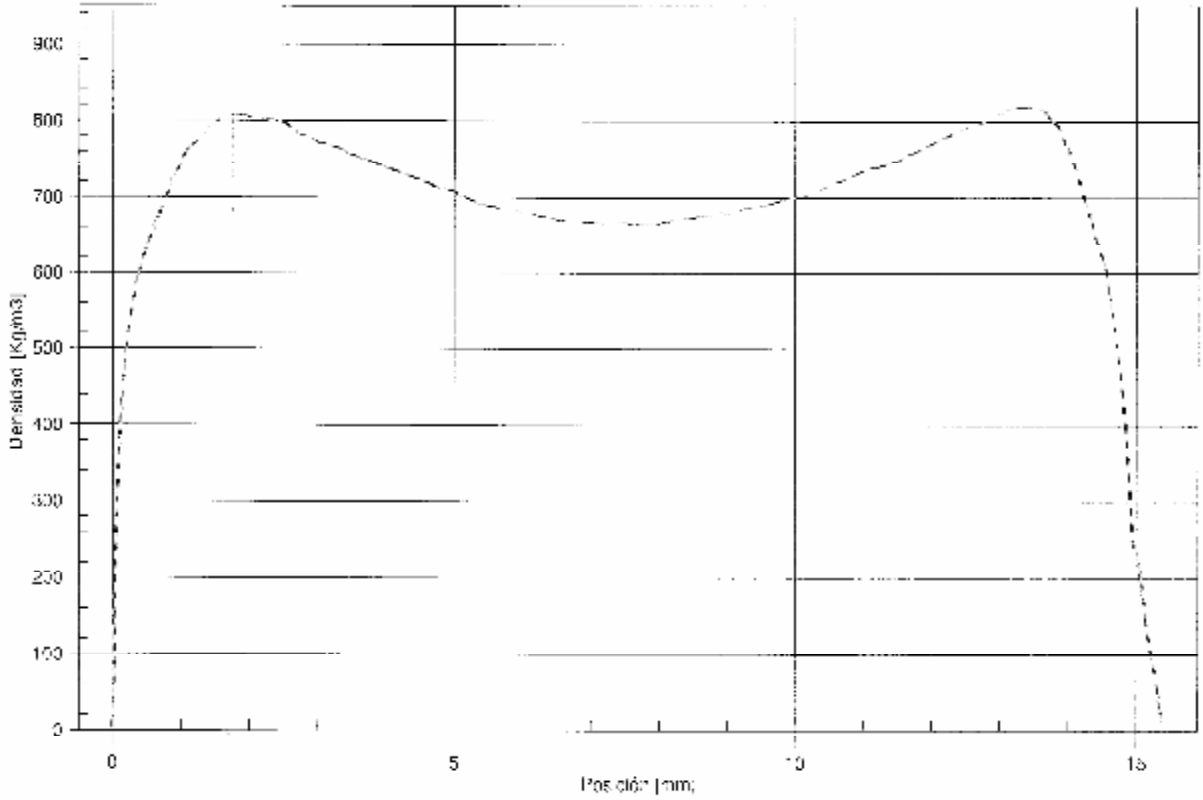


Tratamiento 6 - Paniel 20

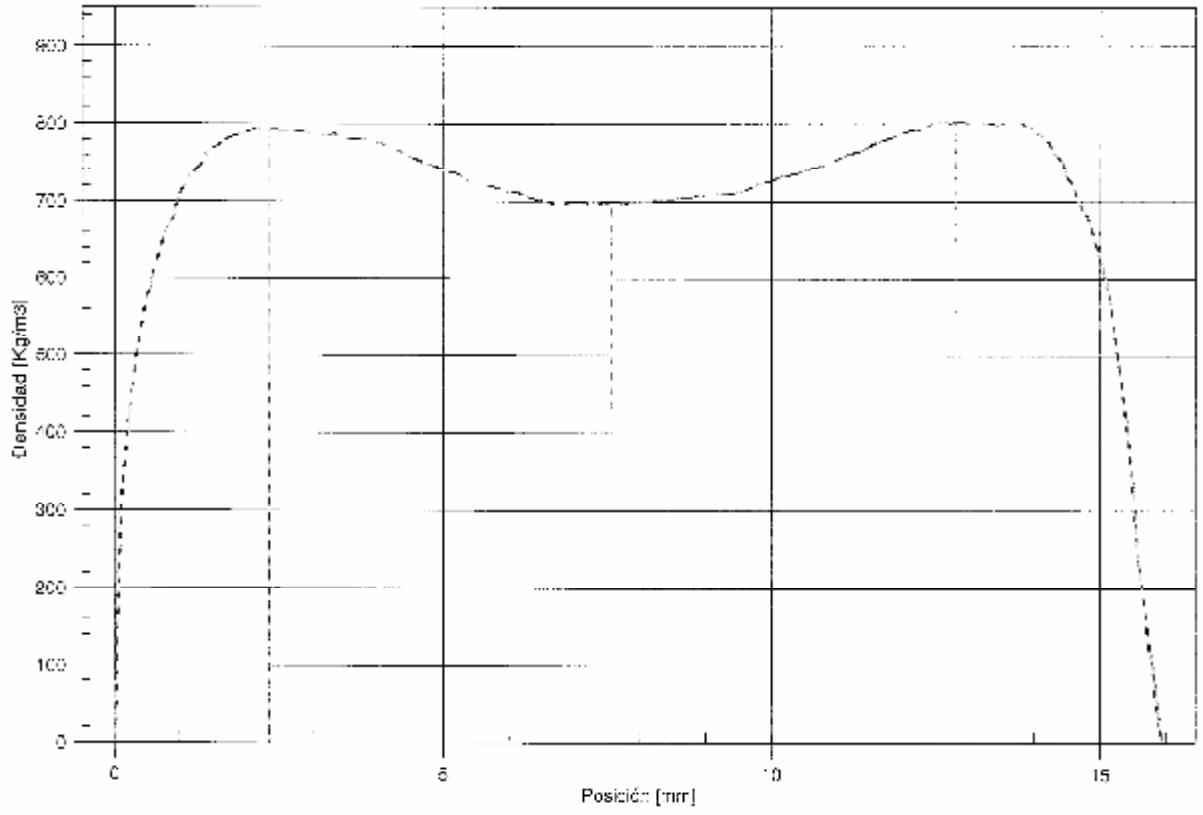


Painéis Multicamadas

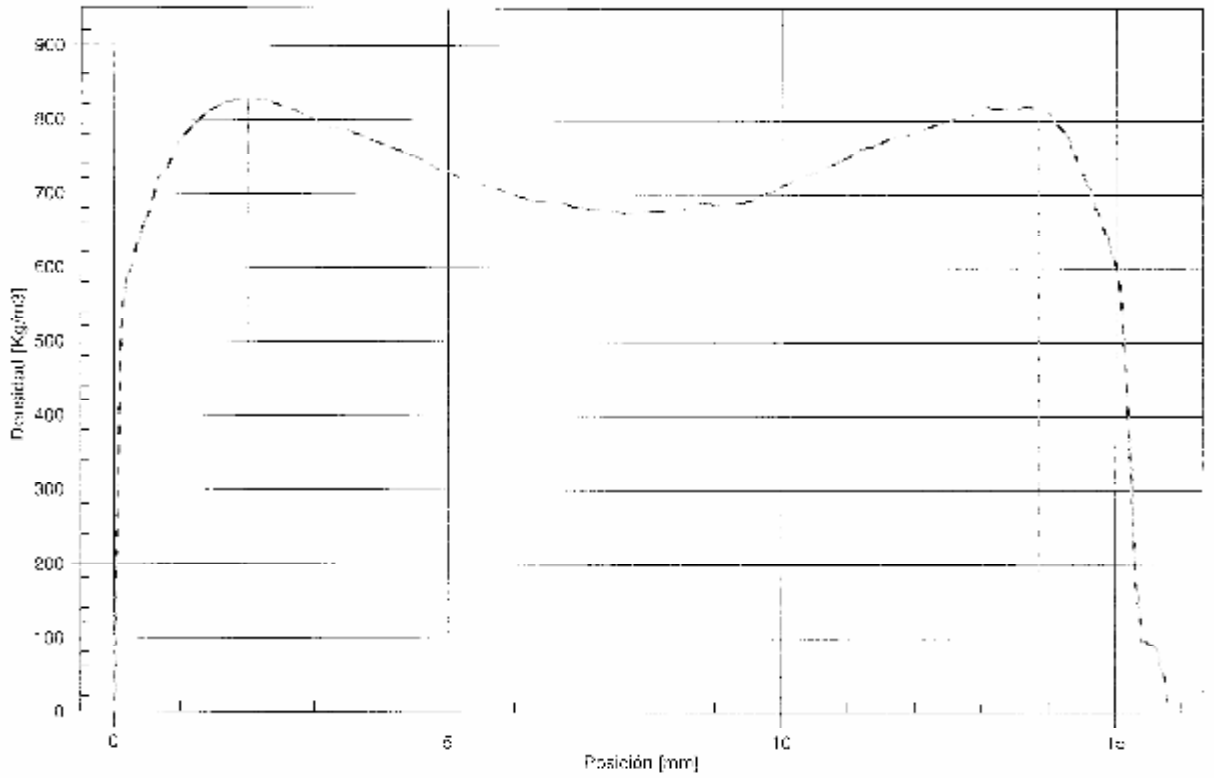
Tratamiento 8 - Paniel 22



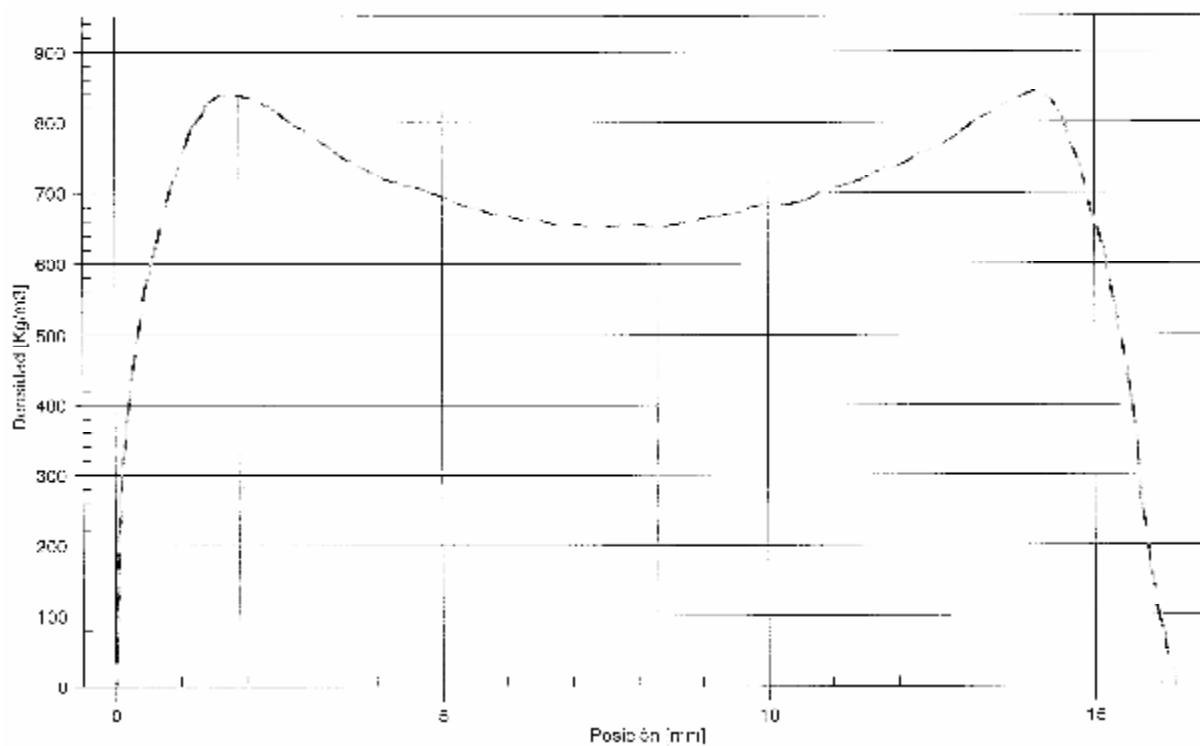
Tratamiento 9 - Paniel 27



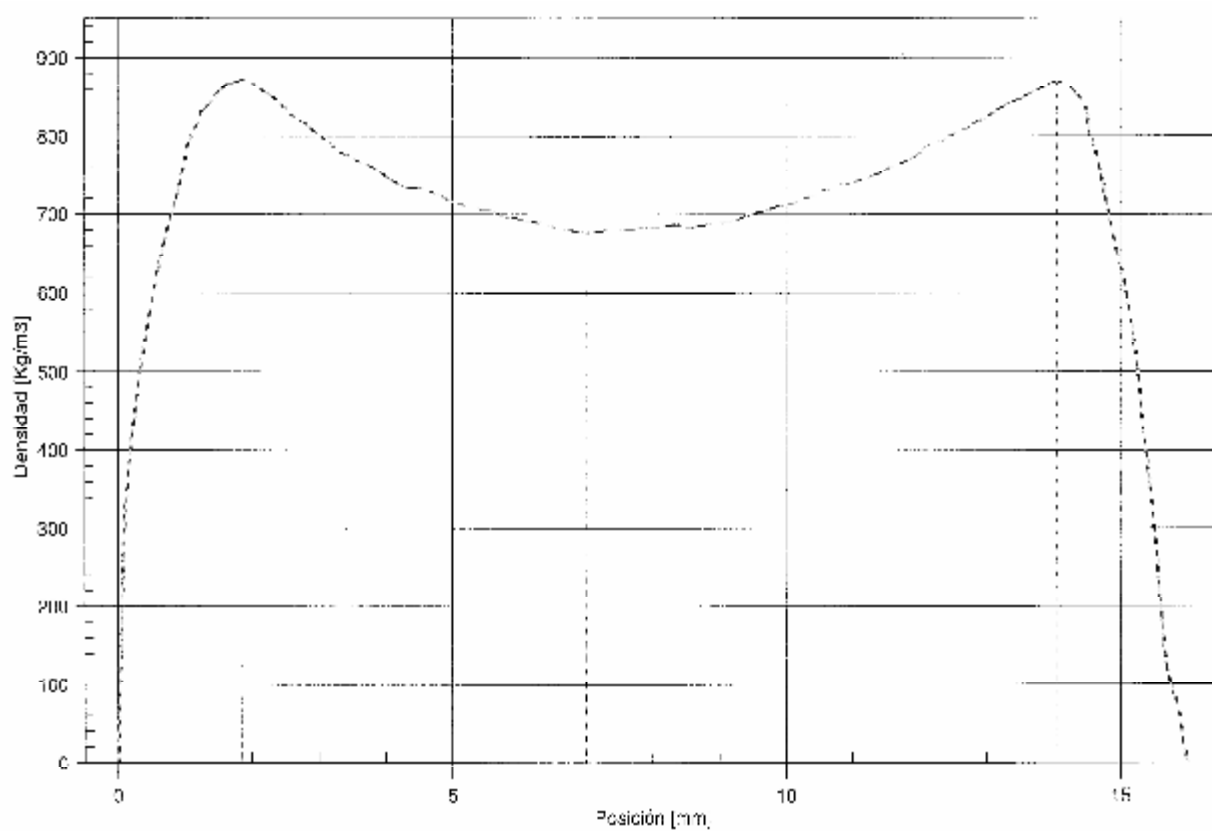
Tratamiento 10 - Paniel 30



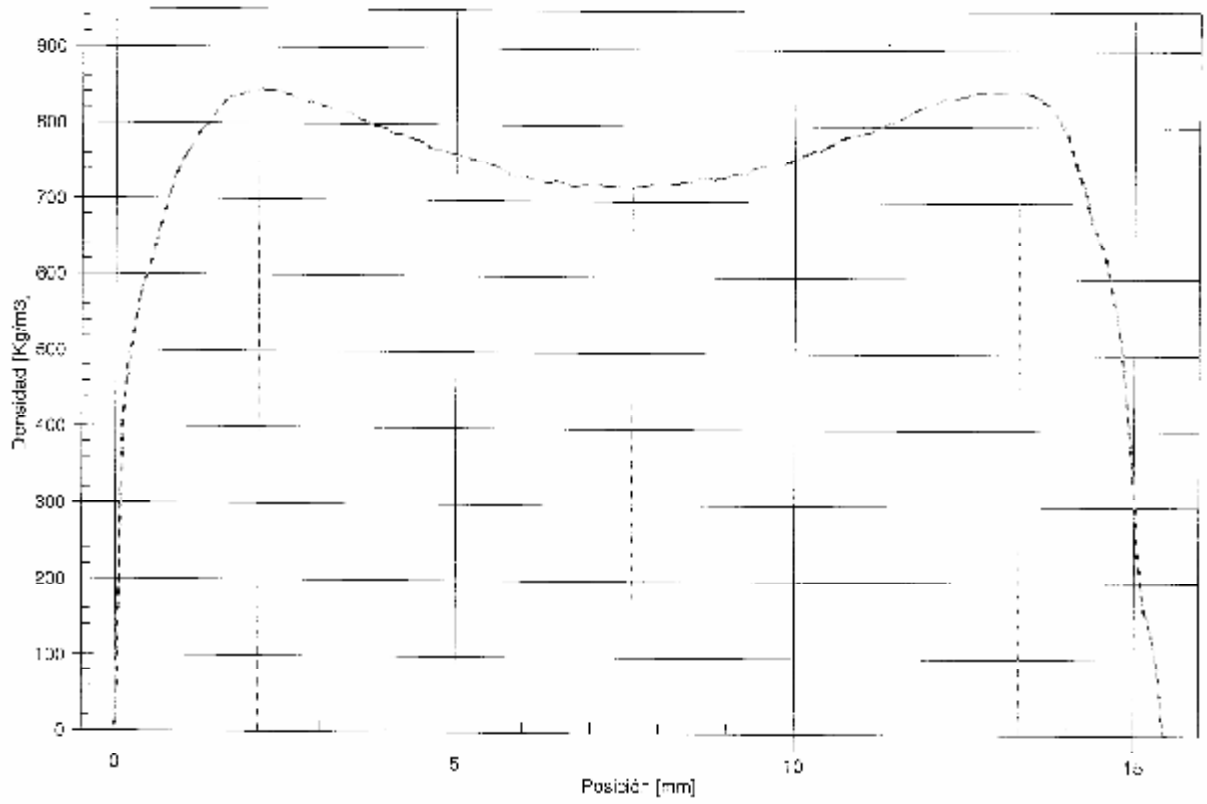
Tratamiento 11 - Paine! 33



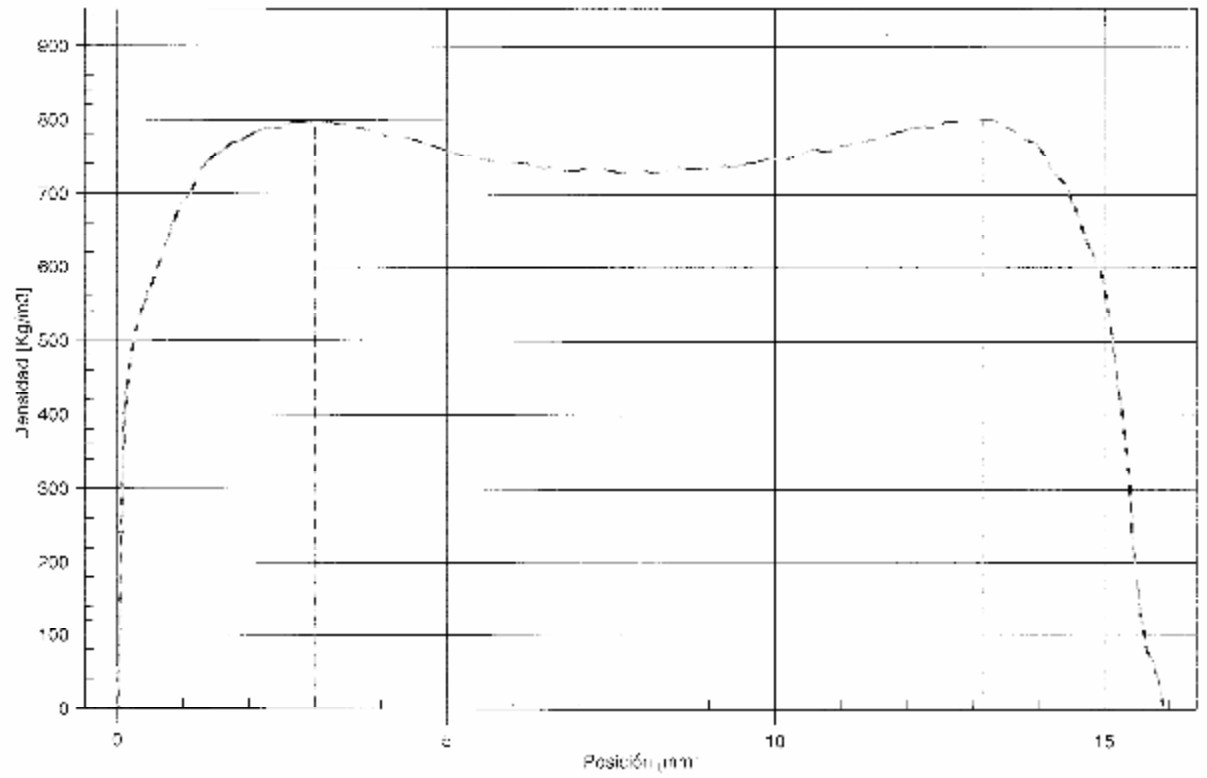
Tratamiento 12 - Paine! 36



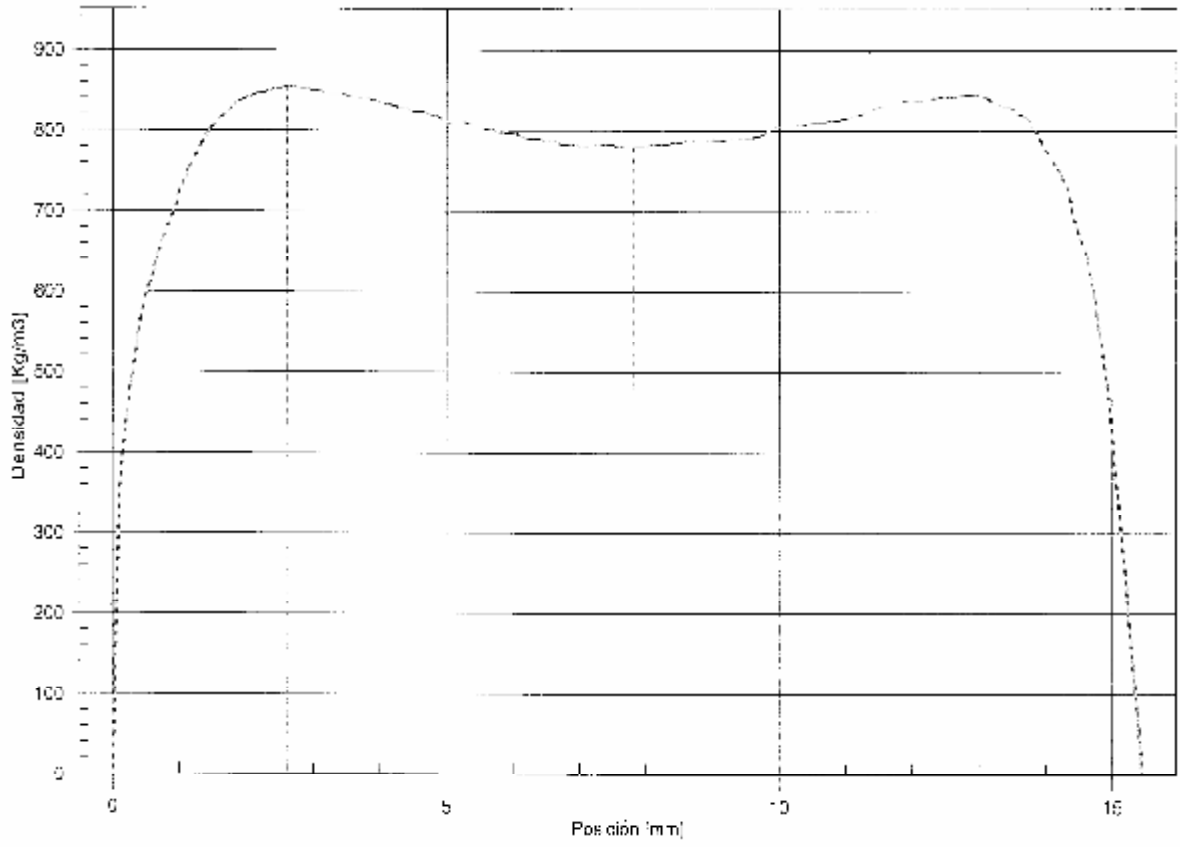
Tratamiento 13 - Painei 39



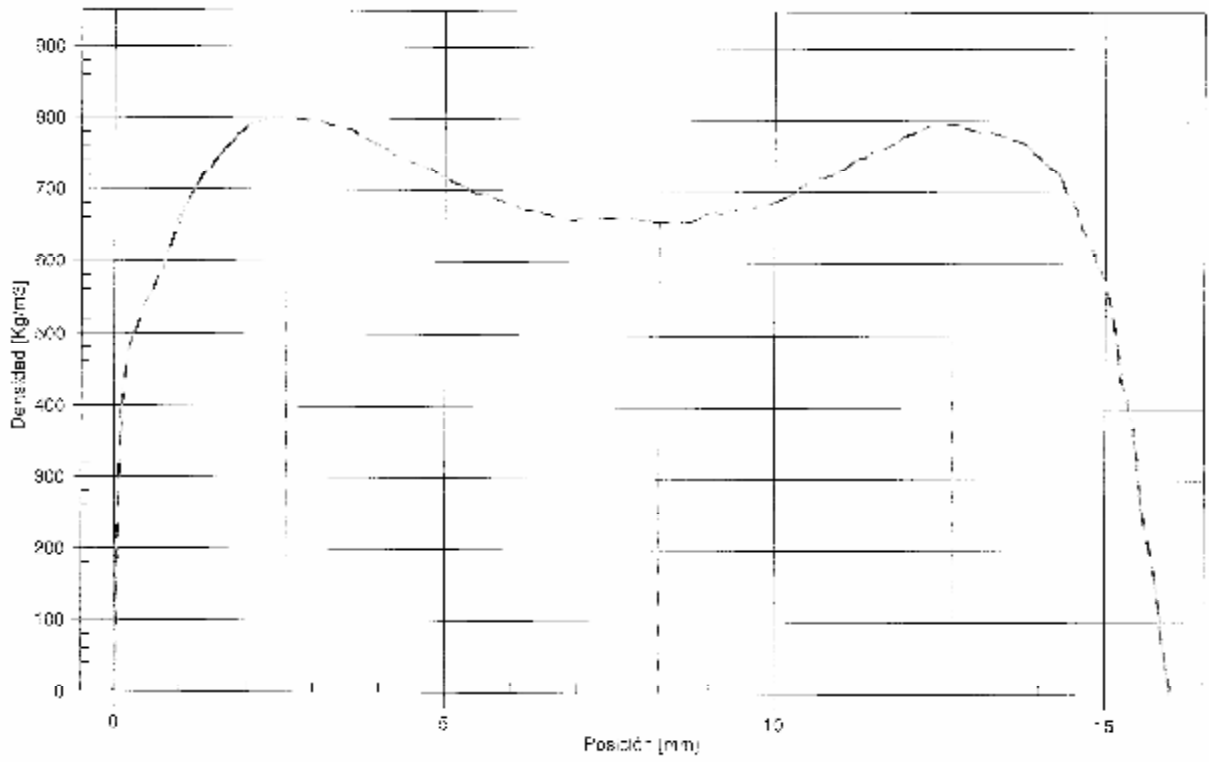
Tratamiento 14 - Painei 40



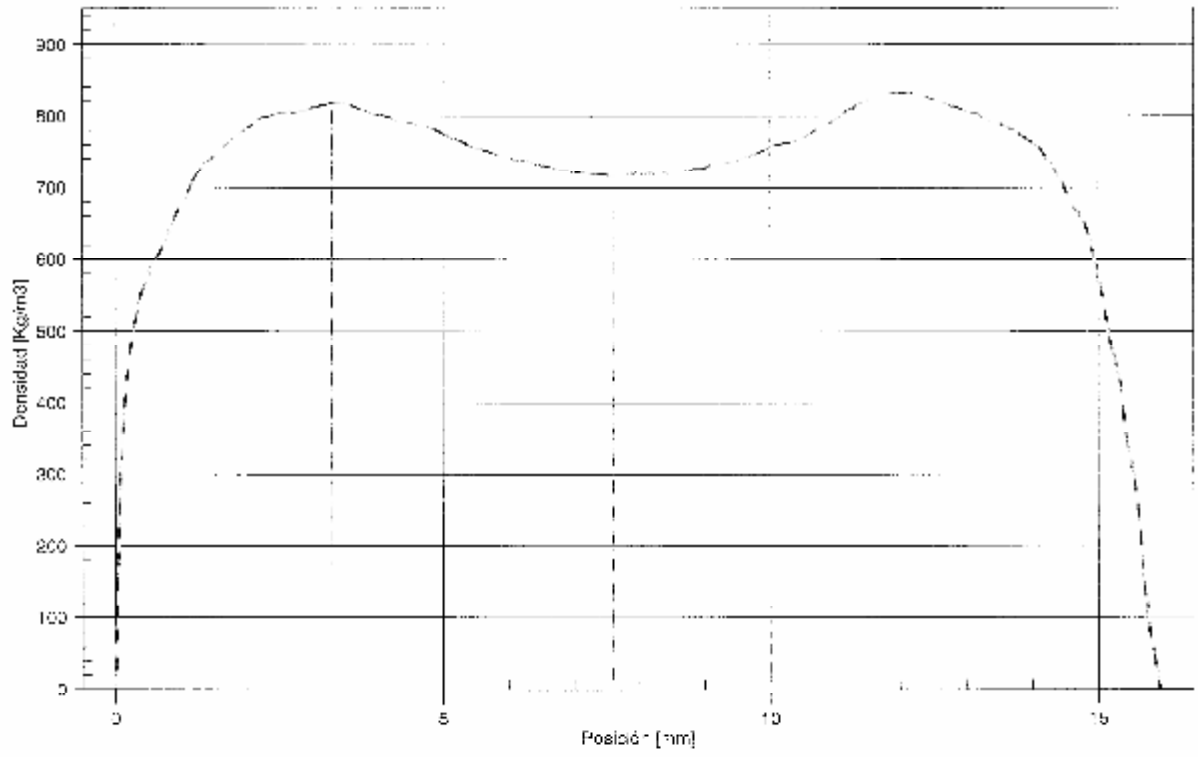
Tratamiento 15 - Painei 45



Tratamiento 16 - Painei 46



Tratamiento 17 - Painei 49



Tratamiento 18 - Painei 54

