

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**WILSON HENRIQUE NEGRÃO**

**APROVEITAMENTO DE MADEIRAS TROPICAIS PARA CONFECCÃO E  
AVALIAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM MISTURA DE PARTÍCULAS E  
RESINAS ALTERNATIVAS.**

**Ilha Solteira**

**2013**

**WILSON HENRIQUE NEGRÃO**

**APROVEITAMENTO DE MADEIRAS TROPICAIS PARA CONFECÇÃO E  
AVALIAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM MISTURA DE PARTÍCULAS E  
RESINAS ALTERNATIVAS**

Dissertação apresentada á Faculdade de Engenharia  
Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Mestre em  
Engenharia Civil: Área do Conhecimento: Estruturas.

Prof. Dr. Sérgio Augusto Mello da Silva  
Orientador

Prof.<sup>a</sup>Dr<sup>a</sup>. Maria da Consolação Fonseca Albuquerque  
Co-orientadora

Ilha Solteira

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

N393a Negrão , Wilson Henrique.  
Aproveitamento de madeiras tropicais para confecção e avaliação de painéis aglomerados com mistura de partículas e resinas alternativas / Wilson Henrique Negrão . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2013  
45 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Estruturas, 2013

Orientador: Sérgio Augusto Mello da Silva  
Co-orientador: Maria da Consolação Fonseca Albuquerque  
Inclui bibliografia

1. Painéis de partícula de madeira. 2. Resina poliuretana derivada de óleo de mamona. 3. Aproveitamento de resíduos de madeiras tropicais.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

### **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

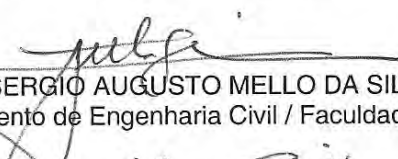
**TÍTULO:** APROVEITAMENTO DE MADEIRAS TROPICAIS PARA CONFECÇÃO E AVALIAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM MISTURA DE PARTÍCULAS E RESINAS ALTERNATIVAS


**AUTOR:** WILSON HENRIQUE NEGRÃO

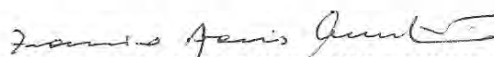
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. SERGIO AUGUSTO MELLO DA SILVA

**CO-ORIENTADORA:** Profa. Dra. MARIA DA CONSOLAÇÃO F DE ALBUQUERQUE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL, Área: ESTRUTURAS, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. SERGIO AUGUSTO MELLO DA SILVA  
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. MAXIMILIANO DOS ANJOS AZAMBUJA  
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Bauru

  
Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR  
Departamento de Engenharia de Estruturas / Escola de Engenharia de São Carlos-USP

Data da realização: 07 de dezembro de 2012.

## DEDICO

Ao meu avô **Mauro Francisco**, o carpinteiro dedicado que me ensinou a importância do trabalho e da madeira.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus, por ter colocado em minha vida todas essas pessoas que agora terei a honra de agradecer.

Agradeço aos professores da pós, pela dedicação em ensinar e proporcionar um ensino de qualidade, em especial ao professor Sérgio Augusto Mello da Silva, pela acolhida, paciência e empenho em orientar-me.

Aos meus amigos e parceiros de pesquisa, em especial a Paloma Basso, uma grande irmã que primeiro me incentivou para fazer mestrado.

Ao Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira da USP-São Carlos e o Laboratório de Materiais da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP pela colaboração na confecção dos painéis de madeira

Agradeço a Ordem Demolay, por ser minha segunda família e constituir sempre um bom motivo para voltar para casa.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Wilson de Souza Negrão e Rosana Negrão, que a cada dia de trabalho, voltavam cansados para casa, trazendo mais um dia em minha vida e menos um dia na deles.

E por fim, agradeço a você caro leitor, que este trabalho possa proporcionar-lhe um pouco de conhecimento.

“Aprende que com a mesma severidade com que julga você será em algum momento condenado. Aprende que o tempo não é algo que possa voltar para trás. E você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida.” William Shakespeare

## RESUMO

Este trabalho constitui-se de estudos para confecção e avaliação de painéis aglomerados com quatro espécies de madeiras tropicais: ***Cedrela odorata*** (Cedrinho), ***Cordia goeldiana*** (Cordia), ***Ficus insípida*** (Ficus) e ***Ceiba pentandra*** (Paineira). Para confecção dos painéis empregou-se 10 % de adesivo em três traços utilizando-se resina ureia formaldeído, resina poliuretana bicomponente derivado de óleo de mamona e resina poliuretana monocomponente PURBOND HB SB109, respectivamente. A partir da caracterização física e mecânica realizada com base na NBR 14810 e ASTM-D-1037, foram determinados valores de Densidades iguais a: 0,65; 0,73 e 0,61g/cm<sup>3</sup>, Umidade igual a: 7,61; 6,56 e 7,46%, Inchamento após 2h igual a: 12,94; 3,46 e 31,33 %; Absorção após 2h igual a: 54,81; 6,44 e 62,54 %, respectivamente e Módulo de Resistência à Flexão (MOR) igual a: 20,36; 19,49 e 19,30 MPa; Resistência à Tração Perpendicular (RTP) igual a: 0,86; 1,17; 0,53 MPa, respectivamente. Os valores de RTP e Densidade foram submetidos à análise de regressão linear, sendo verificado que os coeficientes de determinação da reta tendem para um, possibilitando concluir que as propriedades de adesão interna e densidade estão fortemente correlacionadas e podem propiciar boas qualidades aos painéis.

**Palavras Chave:** Painéis de partícula de madeira. Resina poliuretana derivada de óleo de mamona. Aproveitamento de resíduos de madeiras tropicais.

## ABSTRACT

This work consists of studies for fabrication and evaluation of particleboards of four species of tropical woods: *Cedrela odorata* (Cedrinho), *Cordia goeldiana* (Cordia), *Ficus insípida* (Ficus) and *Ceiba pentandra* (Paineira). To produce the particleboards was used 10% of resin in three stages using formaldehyde urea, polyurethane bicomponent derived from castor bean oil and a monocomponent polyurethane adhesive called PURBOND HB SB109, respectively. From the physical and mechanical characterization performed based on NBR 14810 and ASTM D-1037, were determined values of Density equal to: 0,65; 0,73 and 0,61g/cm<sup>3</sup>, Humidity equal to: 7,61; 6,56 and 7,46%, Swelling after 2 hours equal to: 12,94; 3,46 and 31,33%; Absorption after 2 hours equal to: 54,81; 6,44 and 62,54%, respectively and Modulus of Resistance to Flexion (MOR) equal to: 20,36; 19,49 and 19,10 MPa; Perpendicular Traction Resistance (RTP) equal to: 0,86; 1,17; 0,53 MPa, respectively. Then the values of RTP and Density were analyzed bilinear regression, being verified that the coefficients of determination of the line tend to one, allowing concluding that the internal adhesion properties and density are strongly correlated and can provide good qualities to the panels.

Keywords: Particleboards. Polyurethane resin derived from castor oil. Harnessing of waste from tropical woods.

## LISTA DE FIGURAS

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Figura 1</b> | Taxa de desmatamento anual na Amazônia legal   | 16 |
| <b>Figura 2</b> | (a) Plaina utilizada para produção das partículas graúdas  | 27 |
| <b>Figura 2</b> | (b) Aspectos gerais das dimensões das partículas graúdas   | 27 |
| <b>Figura 3</b> | (a) Aspectos gerais das dimensões das partículas miúdas  | 27 |
| <b>Figura 3</b> | (b) Cavacos miúdos   | 27 |
| <b>Figura 4</b> | (a) Formadora de colchão   | 28 |
| <b>Figura 4</b> | (b) Colchão de partículas  | 28 |
| <b>Figura 5</b> | (a) Prensa hidráulica  | 29 |
| <b>Figura 5</b> | (b) Painéis aglomerados  | 29 |
| <b>Figura 6</b> | Gráfico da Probabilidade Normal referente à análise de regressão dos resultados de ensaios de RTP e densidade dos painéis confeccionados com PUMAMONA.                 | 38 |
| <b>Figura 7</b> | Gráfico da Probabilidade Normal referente à análise de regressão dos resultados de ensaios de RTP e densidade dos painéis confeccionados com PURBOND HB SB109.         | 39 |
| <b>Figura 8</b> | Gráfico da Probabilidade Normal referente à análise de regressão dos resultados de ensaios de RTP e densidade dos painéis confeccionados com resina ureia formaldeído. | 40 |

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> Aspectos gerais da produção, importação, exportação e consumo de MDP entre 2005 a 2010.   | 18 |
| <b>Tabela 2</b> Espécies coletadas  | 26 |
| <b>Tabela 3</b> Parâmetros experimentais para confecção de painéis aglomerados  | 28 |
| <b>Tabela 4</b> Parâmetros experimentais para confecção de painéis mix empregando-se resina Ureia Formaldeído e resina PURBOND.   | 31 |
| <b>Tabela 5</b> Dimensão e quantidade de corpos de prova  | 31 |
| <b>Tabela 6</b> Densidades e Umidades dos painéis   | 34 |
| <b>Tabela 7</b> Valores do MOR e de RTP dos painéis   | 34 |
| <b>Tabela 8</b> Taxas de compactação e Densidades   | 36 |
| <b>Tabela 9</b> Taxas de compactação, Inchamento e Absorção após 2h e 24h   | 36 |
| <b>Tabela 10</b> Valores médios das principais propriedades de resistência mecânica   | 37 |
| <b>Tabela 11</b> Resumo da análise de regressão entre os valores de Resistência à Tração Perpendicular e Densidades dos painéis confeccionados com resina poliuretana derivada de óleo de mamona (PUMAMONA) | 38 |
| <b>Tabela 12</b> Resumo da análise de regressão entre os valores de Resistência à Tração Perpendicular e Densidades dos painéis confeccionados com resina poliuretana PURBOND HB SB109.                     | 39 |
| <b>Tabela 13</b> Resumo da análise de regressão entre os valores de Resistência à Tração Perpendicular e Densidades dos painéis confeccionados com resina ureia formaldeído.                                | 40 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIPA Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AI Adesão Interna ou Tração Perpendicular

IBICT Instituto Brasileiro De Informação Em Ciência E Tecnologia

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDP Painéis de Partículas de Madeira de Média Densidade

MDF Painéis de Fibra de Madeira de Média Densidade

PUMAMONA Resina Poliuretana Derivada de Óleo de Mamona

MOR Flexão Estática

PMDI Poliol Diisocianato Difenil Metano

PU Poliuretanos

SUFRAMA Superintendência da Zona Franca de Manaus

TDI Toluol Diisociato Difenil Metano

UF Ureia Formaldeído

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>   | 14 |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>  | 15 |
| 2.1 EXPLORAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL  | 15 |
| 2.2 PAINÉIS AGLOMERADOS – DEFINIÇÕES  | 17 |
| 2.3 PAINÉIS AGLOMERADOS – PROCESSOS ALTERNATIVOS  | 19 |
| 2.4 PAINÉIS AGLOMERADOS – ADESIVOS  | 24 |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>   | 26 |
| 3.1 ESTUDOS EXPLORATÓRIOS.  | 26 |
| 3.2 PROPOSTA DE AJUSTES DE PARÂMETROS EXPERIMENTAIS<br>PARA CONFECÇÃO DE PAINÉIS MIX                | 30 |
| 3.3 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS POR MEIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA   | 31 |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>  | 33 |
| 4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM OS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS   | 33 |
| 4.2 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS MIX.  | 35 |
| 4.2.1 PRINCIPAIS PROPRIEDADES FÍSICAS   | 35 |
| 4.2.2 PRINCIPAIS PROPRIEDADES DE RESITÊNCIA MECÂNICA  | 36 |
| 4.2.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS<br>CHAPAS POR MEIO DE ANÁLISE DE REGRESSÃO | 37 |
| <b>5 CONCLUSÕES</b>   | 41 |
| <b>6 SUGESTÕES PARA AS PRÓXIMAS PESQUISAS</b>   | 43 |

## 1 INTRODUÇÃO

No presente estudo objetivou-se caracterizar algumas propriedades físicas e mecânicas de painéis de madeira aglomerados confeccionados com quatro espécies de madeiras tropicais ***Cedrela odorata*** (Cedrinho), ***Cordia goeldiana*** (Cordia), ***Ficus insípida*** (Ficus) e ***Ceiba pentandra*** (Paineira) com o objetivo de obtenção de um produto confeccionado com as misturas, em proporções iguais, das quatro espécies de madeiras (painel mix).

Inicialmente realizaram-se estudos exploratórios confeccionando-se dois (2) painéis, com partículas de cada espécie estudada empregando resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona, objetivando-se verificar incompatibilidades individuais de cada espécie com relação ao emprego dos parâmetros experimentais e eficiência da resina empregada.

A partir dos valores determinados para os painéis da primeira etapa dos estudos exploratórios, confeccionados com resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona e, de acordo com os ensaios propostos pela NBR 14810, tanto as propriedades físicas como as propriedades mecânicas superaram as expectativas da norma. Conseqüentemente, realizando-se a segunda etapa dos estudos exploratórios, foram confeccionados novos painéis com os mesmos parâmetros experimentais utilizados na primeira etapa, entretanto, misturando-se as partículas das quatro (4) espécies estudadas em proporções iguais (painel mix) e, empregando-se resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona.

Os valores obtidos, com os ensaios para caracterização física e mecânica dos painéis, propiciaram inferir sobre a possibilidade de produção de painéis com misturas de partículas de diferentes espécies de madeira, empregando-se adesivos alternativos. Conseqüentemente propôs-se a continuidade deste trabalho confeccionando-se novos painéis, com misturas de partículas das quatro (4) espécies de madeiras estudadas, e a utilização de resina ureia formaldeído e PURBOND na confecção de Painéis mix.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EXPLORAÇÃO FLORESTAL NO BRASIL

Os problemas ambientais decorrentes da exploração florestal nunca foram tão discutidos como na atualidade, as ações do homem sobre o espaço ganharam reconhecimento, não somente pela grandiosidade e importância de suas alterações, mas também pelos impactos que tais alterações causaram ao ambiente.

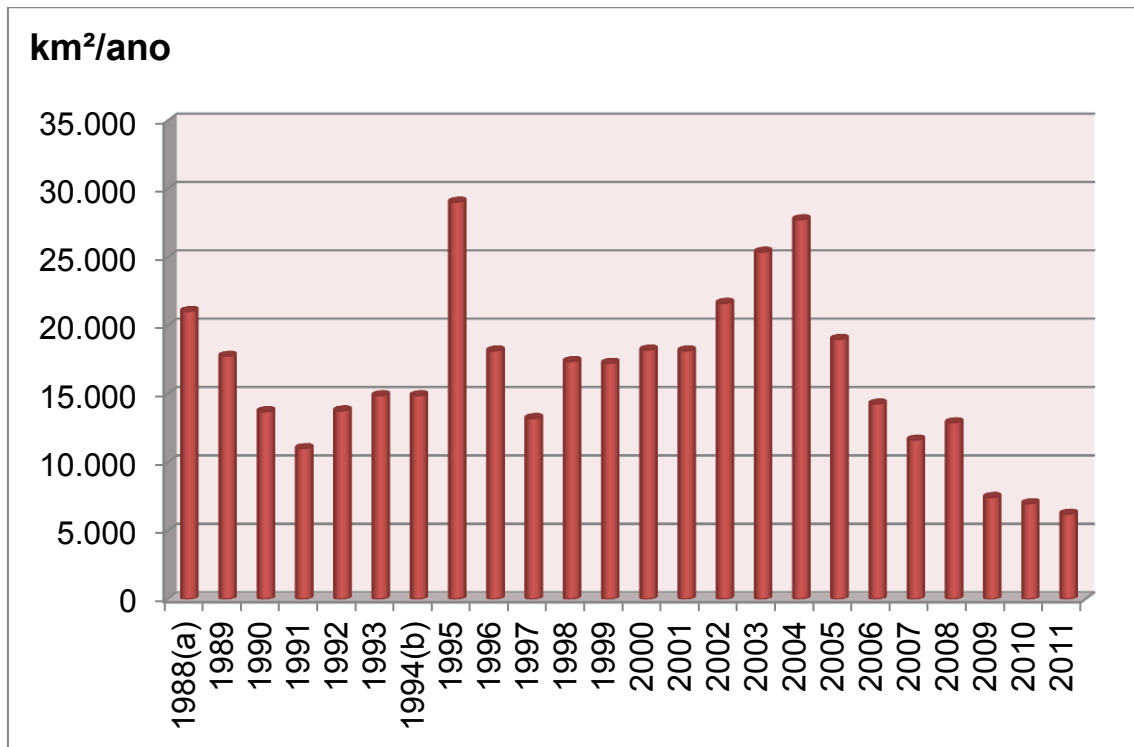
Os grandes impactos ambientais encontraram justificativas no desenvolvimento econômico. Entretanto, as cidades expandiram de forma desordenada, cresceram sem ter a consciência das áreas de preservação permanente e a falta de planejamento gerou graves consequências.

Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS (2008), o setor florestal se destaca no cenário econômico nacional, no ano de 2007 a atividade florestal contribuiu com 3,4% do PIB (44,6 bilhões), 5,6% das exportações o que gerou mais de oito milhões de empregos. Em 2010, o PIB da indústria florestal superou os R\$ 55 bilhões e contribuiu 35,7% para o superávit da balança comercial.

A partir de 1996, segundo a Agenda 21 (1996), foi intensamente divulgada a ideia de “exploração racional” e de “manejo planejado” para exploração das florestas nativas do Brasil. Entretanto, depois de 13 anos, a Suframa (2009) alertou que a exploração florestal na Amazônia brasileira, ainda é realizada em sua maior parte, em florestas nativas, sem aplicação de um plano de manejo, com baixa produtividade e com incipiente reposição florestal. Com o passar dos anos, observa-se que existe grande mobilização no sentido de desenvolver ciência objetivando a proteção dos recursos naturais e, de certa forma, grande preocupação ao esgotamento desses recursos.

O gráfico da figura 1 evidencia a evolução da taxa anual de desmatamento entre 1988 e 2011.

Figura 1 - Taxa de desmatamento anual na Amazônia Legal



(a) - Média entre 1977 a 1988 e (b) Média entre 1993 a 1994  
 Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2012).

De 1988 a 2004, as taxas de desmatamento são variadas, a partir de 2004, ano que teve o segundo maior registro de desmatamento, os índices tem diminuído. A situação está longe do ideal, afinal os desmatamentos ilegais e problemas na obtenção dos dados é uma realidade, mas os índices atuais são animadores e mostram que um dia a Floresta Amazônica, pode sim, alcançar a sustentabilidade.

Entretanto, para que ocorra uma exploração sustentável é necessário o compromisso com ações reais para implantação de planos de manejos adequados. Uma proposta sugerida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciências e Tecnologia – IBCT (2006) é o estudo e exploração de novas espécies, pois, mesmo existindo uma rica variedade, cerca de 4000 espécies localizadas em área de terra firme e várzea, somente 25 são intensamente utilizadas pelas industriais de processamento florestal, com preferência das espécies de madeira de alta densidade para uso na construção civil, enquanto que, as espécies de média e baixa densidade, geralmente não despertam grandes interesses econômicos.

## 2. 2 PAINÉIS AGLOMERADOS – DEFINIÇÕES

Os painéis derivados de madeira foram desenvolvidos como proposta de aproveitamento do desperdício gerado pelo processamento de madeiras, explorando ao máximo o potencial dessa matéria-prima (GAY et al., 2001). As tecnologias para fabricação dos derivados de madeira tiveram grande impulso com o surgimento dos adesivos sintéticos, que de início, somente eram utilizados os adesivos à base de ureia formaldeído. Ainda hoje, em países como Brasil, a produção de painéis aglomerados é realizada empregando-se ureia formaldeído (UF).

Iwakiri (2005) descreve que os painéis de madeira são produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídos através de ligação adesiva. Esses produtos são conhecidos também como produtos reconstituídos de madeira e suas propriedades são diferentes do material original.

Dentre esses produtos reconstituídos encontram-se os painéis de madeira aglomerada, que são produzidos com partículas e adição de adesivo, que se consolidam sob a ação de temperatura e pressão. Sendo estes normalmente utilizados principalmente para a fabricação de móveis.

Segundo Brito et al. (2004) os painéis aglomerados têm apresentado as maiores taxas de crescimento e consumo, este fato se deve a modernização da indústria moveleira que possibilitou a fabricação de uma grande gama de novos produtos para os mais variados fins. Os processos de produção, a matéria-prima utilizada em várias formas e geometrias, bem como os aditivos, confere uma variação bastante ampla às propriedades do produto acabado.

As indústrias de painéis de madeira aglomerados e de fibras, no Brasil, consomem um volume significativo de madeiras provenientes de florestas plantadas de pinus e algumas espécies de eucalipto. Para atender à demanda de madeira cada vez mais crescente, há necessidade de não somente aumentar a área de plantios, mas também procurar opções de outras espécies de rápido crescimento que possam contribuir, de forma quantitativa e qualitativa, para suprir as necessidades das indústrias (IWAKIRI et al., 2004).

De acordo com Mattos et al. (2008), as perspectivas são bastante positivas para o setor de painéis de madeira, sendo que os segmentos de MDP e MDF apresentam cenário mais positivo. Nos estudos realizados verifica-se que a produção brasileira de painéis aglomerados, no período 1995–2005, evoluiu de 866 mil m<sup>3</sup> para 2098 mil m<sup>3</sup>, representando crescimento médio anual de 9,3%, superior à taxa mundial de 4,2%. A produção de painéis aglomerados no Brasil é quase 46% do total da produção de painéis de madeira.

Com o crescimento da indústria de painéis de madeira, aumenta também a demanda por matéria-prima, o que se torna necessário não apenas o aumento de áreas de plantios (pinus e eucalipto), mas também a busca de novas espécies, com rápido crescimento e 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.

Segundo Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira - ABIPA (2012) os painéis de madeira aglomerado iniciaram sua produção no Brasil em 1966, uma indústria em franca expansão, que teve em 2010 um faturamento bruto de 5,3 bilhões. A Tabela 1 apresenta os números que caracterizam o panorama da indústria de painéis de partículas de média densidade no período entre 2005 a 2010 no Brasil.

Tabela 1 - Aspectos gerais da produção, importação, exportação e consumo de MDP entre 2005 a 2010.

| Ano  | Produção  | Importação | Exportação | Consumo Interno  | Capacidade Nominal Instalada m <sup>3</sup> |
|------|-----------|------------|------------|------------------|---|
| 2005 | 2.048.957 | 78.400     | 25.750     | <b>2.101.607</b> | <b>2.800.000</b>                            |
| 2006 | 2.198.216 | 64.700     | 76.670     | <b>2.186.246</b> | <b>2.900.000</b>                            |
| 2007 | 2.557.141 | 28.080     | 37.390     | <b>2.547.831</b> | <b>3.085.000</b>                            |
| 2008 | 2.617.066 | 42.520     | 26.640     | <b>2.632.946</b> | <b>3.265.000</b>                            |
| 2009 | 2.488.915 | 36.271     | 25.761     | <b>2.499.425</b> | <b>4.020.000</b>                            |
| 2010 | 3.017.902 | 15.388     | 16.235     | <b>3.017.055</b> | <b>4.544.000</b>                            |

Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira ABIPA (2012).

Na Tabela 1 verifica-se que de 2005 a 2010 houve aumento na produção e consumo de painéis MDP, outro dado é a diminuição da importação, que mostra a valorização dos produtos e da indústria nacional. Com relação aos números referentes à capacidade nominal instalada fica evidente o grande aumento entre

2005 a 2010, entretanto, a produção não teve um aumento proporcional. Uma das explicações para esse cenário, é que há um “déficit” de matéria prima que está restringindo a produção, esse fato justifica a necessidades de estudos que buscam novas matérias primas para a confecção de painéis aglomerados.

### 2.3 PAINÉIS AGLOMERADOS – PROCESSOS ALTERNATIVOS

O Brasil detém uma enorme diversidade de recursos naturais, porém é conhecido pela voracidade da exploração de seus recursos naturais, desconsiderando os conceitos básicos de sustentabilidade e causando graves problemas ambientais que podem ser observadas em diferentes regiões. Visando a redução de desperdícios, e buscando uma produção mais sustentável, métodos para aproveitamento do subproduto da exploração florestal se intensificaram, e representam importante alternativa para minimizar os desperdícios.

Os principais gêneros madeireiros utilizados para produção de painéis aglomerados são o Eucalipto e o Pinus, que no Brasil são espécies reflorestadas. No entanto, sua utilização para diferentes usos faz com que o preço destas matérias-primas se torne cada vez mais competitiva, acarretando aumento significativo no custo de produção dos painéis. Para minimizar este problema, a utilização total ou parcial de novas espécies na composição dos painéis se torna uma alternativa rápida, de baixo custo e sustentável. Dentre estas espécies, podem ser citados o Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e a Vassoura (*Sida spp*).

A madeira de Paricá vem sendo utilizada no Norte do Brasil, principalmente, para a fabricação de compensados, apresentando potencial para a produção de painéis de aglomerado, porém são necessários novos estudos para avaliar seu comportamento perante diferentes materiais em função da sua densidade.

A madeira de vassoura pode se tornar uma fonte alternativa bastante promissora para a produção de painéis, uma vez que é utilizado na fabricação de cordas devido à qualidade de suas fibras. Porém, são inexistentes pesquisas referentes ao material lignocelulósico deste gênero para a produção de painéis,

fazendo-se necessário, então, estudos para a qualificação desta matéria-prima e posterior produção dos painéis.

Devido ao crescimento do mercado moveleiro, aumentou também a produção dos painéis aglomerados, motivando estudos de novas espécies para a produção destes. Pois, segundo Maloney (1993), dentre as espécies que apresentam potencial para a produção de painéis aglomerados podem ser citados: a ***Parkia gigante carpa*** Ducke (Faveira) e a ***Cordia goeldiana*** Huber (Freijó), entretanto, de acordo com Mendes (2010), qualquer material lignocelulósico pode ser utilizado para a confecção destes produtos.

Guimarães Júnior et al. (2012) propôs a utilização de ***Cecropia hololeuca*** (embaúba) para a confecção de painéis aglomerados, as avaliações mostraram-se satisfatórias e o produto final ficou dentro das normas estabelecidas. Mendes et al. (2012) confeccionou painéis de espécies de rápido crescimento, e após testes físicos e mecânicos concluiu que as espécies ***Pinus oocarpa*** e ***Cunninghamia mialanceolata*** possuem grande potencial para a produção de painéis aglomerados.

Estudos realizados por Blanchet (2000) sobre a confecção de painéis de madeira aglomerada com resíduo de costaneira de pinus, concluíram ser viável o aproveitamento desses resíduos, e que é tecnicamente possível a utilização dos painéis de madeira aglomerada em recintos fechados conforme as exigências do American National Standard Institute – ANSI.

Pesquisas sobre a produção de painéis de madeira aglomerada, utilizando resíduos de costaneira de ***Eucalyptus saligna***, ***Eucalyptus citriodora*** e ***Eucalyptus pilularis***, realizadas por Iwakiri (2000), avaliaram o comportamento dos painéis com misturas dos resíduos e ureia formaldeído. De acordo com os procedimentos normativos da CS 236 - 66, os painéis foram confeccionados com partículas a 3 % de umidade, 8 e 12 % de resina, densidade nominal de 0,8 g/cm<sup>3</sup>; prensagem com 4MPa, 140<sup>0</sup> C e 8 min. As avaliações realizadas possibilitaram concluir:

- Os painéis com 12% de resina UF apresentaram maior estabilidade dimensional, destacando-se o ***Eucalyptus saligna***;

- Não ocorreram diferenças significativas entre o módulo de elasticidade para os diferentes níveis de resina (8 e 12 %);
- Foram determinados melhores resultados de módulo de ruptura para os painéis com 12 % de resina UF confeccionadas com partículas de *Eucalyptus saligna*, e somente para esta espécie a maior quantidade de resina (12 %) influenciou positivamente no módulo de ruptura;
- Os resultados obtidos para a ligação interna dos painéis, em todos os tratamentos, foram superiores aos referenciados pela norma CS 236 - 66;
- Finalmente pode-se concluir que os resíduos de costaneira das espécies de eucalipto estudadas podem ser recomendados para produção de painéis de madeira aglomerada.

Estudos no ciclo de prensagem em painéis de madeira aglomerada, realizadas por Albuquerque (2002), objetivando avaliar a influência do incremento de água nas camadas superficiais do colchão de partículas e do incremento de resina e catalisador, possibilitaram concluir ser possível confeccionar painéis aglomerados com partículas finas, sem necessidade de se utilizar mais que 10 % de ureia formaldeído. Para o caso dos painéis com partículas grossas, devido ao aumento do teor de águas nas camadas superficiais do colchão de partículas, observou-se que é necessário um tempo superior a 4 minutos para conferir consolidação satisfatória.

Nascimento (2003) estudou a produção em laboratório de painéis de partículas homogêneas com madeira da região da Caatinga do Nordeste Brasileiro: Angico (*Anedanthera macrocarpa*), Algaroba (*Prosopis juliflora*) e Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*). Considerando-se a NBR 14810, os procedimentos experimentais foram definidos em função das propriedades físicas e mecânicas das espécies estudadas, das características do adesivo utilizado e das partículas utilizadas para confecção de painéis, considerando-se o emprego de partículas com 1,8 mm de comprimento, 10 % de resina ureia formaldeído com 5 % de solvente (base peso seco), tempo de prensagem de 10min com temperatura entre 100 a 120<sup>0</sup>C e pressão de prensagem de 4MPa; nestas condições, as propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram satisfatórias com valores médios de resistências apresentando variabilidades equivalentes às painéis fabricadas em escala industrial,

possibilitando concluir que é viável a fabricação de painéis de partículas homogêneas de boa qualidade, com partículas de madeiras da Caatinga do Nordeste Brasileiro.

Zheng (2006) avaliou as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados confeccionados com partículas de madeira de pinus misturadas com partículas de cascas de pinus com altos teores de sal, empregando-se resinas à base de ureia formaldeído (UF) e à base de diisocianato difenil metano (PMDI). Os painéis confeccionados com PMDI apresentaram maiores resistências mecânicas e de absorção d'água, com relação aos painéis confeccionados com resinas UF.

De acordo com Beraldo et al. (2006), painéis aglomerados confeccionados com partículas de bambu e resina ureia formaldeído apresentaram maiores resistências mecânicas com relação à painéis aglomerados confeccionados com partículas de pinus. Um aspecto importante sobre a produção de painéis aglomerados com partículas de bambu é a facilidade de cultivo dessa gramínea em praticamente todas as regiões brasileiras e com ciclos de colheitas curtos, propiciando grande volume de matéria-prima para produção dos painéis.

Oliveira (2012) realizou estudos misturando bambu e fibra de coco na confecção de painéis aglomeradas numa proporção de 50%, para efeitos comparativos foram fabricados painéis somente com bambu, o estudo concluiu que a fibra de coco proporciona um acabamento diferenciado, indicado para decorações, entretanto os testes mostraram que os painéis não podem ser utilizados em produtos que necessitam de resistência mecânica.

Segundo Mendes et al. (2010), o bagaço de cana é um exemplo de resíduo lignocelulósico que pode ser utilizado para a produção de painéis aglomerados, pois, propicia a confecção de painéis com excelentes qualidades, considerando-se também, que, no Brasil o volume gerado é na ordem de 195 milhões de toneladas por ano (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). Ainda de acordo com o mesmo autor, é possível a utilização de sabugo de milho, casca de arroz, caule de mandioca, casca de café, casca de amendoim, entre outros.

A utilização de resíduo lignocelulósicos na produção de painéis de madeira reconstituída, além de agregar valor, pode propiciar sustentabilidade, minimizar problemas de poluição ambiental e auxiliar no atendimento da demanda das indústrias de painéis aglomerados.

De acordo com Trianoski (2010), sob o ponto de vista tecnológico, a utilização de matérias-primas 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 à qualidade e os requisitos do produto em questão.

Campos et al. (2012) propôs a confecção de painéis de madeira aglomera misturando partículas de *Eucalyptus grandis* (Eucalipto) e de *Jatropha curcas* (Pinhão Manso), um subproduto da cadeia produtiva do biodiesel. O estudo mostrou que a proporção ideal de partículas do Pinhão Manso na mistura é de 7,5 %, valor que não altera as propriedades físicas e mecânicas do painel. Embora a porcentagem seja pequena, o estudo mostra possíveis fins para subprodutos que geralmente são descartados sem nenhum critério.

Atualmente no Brasil, devido ao crescimento da geração de resíduos, evidencia-se o desenvolvimento de propostas que objetiva minimizar a poluição no meio ambiente, entretanto, de modo geral os resíduos são utilizados para produção de energia e as indústrias brasileiras estão limitadas à utilização de tecnologia para processamento de madeira de Pinus e Eucalipto na produção de painéis aglomerados e painéis de fibra.

Este trabalho acredita ser possível utilizar resíduos de madeira da Amazônia, proveniente da exploração florestal objetivando minimizar a poluição e transformando-os em produtos de excelente qualidade com valores agregado, sendo possível seu emprego tanto para a produção de moveis como para as diversas demandas da construção civil.

## 2.4 PAINÉIS AGLOMERADOS – ADESIVOS

Os adesivos à base de ureia formaldeído (UF) possuem alta reatividade segundo Roffael (1982), porém, apresenta resistência limitada contra umidade, conseqüentemente, são indicados somente para ambientes internos com baixa umidade relativa. Para ambientes externos, sujeitos a altas umidades, de acordo com Sellers et al. (1995), devem ser utilizados painéis fabricados com adesivo de fenol-formaldeído.

Mesmo considerando-se as vantagens dos adesivos à base de fenol-formaldeído, seu alto custo após a crise do petróleo na década de setenta, motivou o desenvolvimento de pesquisas para a produção de adesivos resistentes à umidade a um custo menor. De acordo com Samlaic (1983), dentre os novos materiais, surgiram os compostos orgânicos isocianatos e os adesivos de tanino e, segundo Margosian (1990), problemas de emissão de substâncias tóxicas propiciou novos estudos para a substituição de adesivos derivados de petróleo por adesivos naturais.

Os polifenóis de origem vegetal (taninos), obtidos da casca ou da madeira de algumas espécies florestais, a exemplo da ***Acácia mearnsii*** e do ***Schinopsis sp.***, apresentam grande potencial para substituir os adesivos sintéticos, oriundos do petróleo. No entanto, o tanino oriundo da casca da ***A. mearnsii***, ainda é o mais utilizado e desponta como sendo o mais promissor, pois, as indústrias africanas, utilizam resinas à base de tanino na confecção de painéis aglomerados. No Brasil, de acordo com Hillig et al. (2002), em especial no Rio Grande do Sul, também são produzidas e utilizadas resinas à base de tanino formaldeído para a produção de aglomerados.

Segundo Gonçalves et al. (2003), nos últimos anos vários materiais têm sido pesquisados para substituir as resinas sintéticas na fabricação desses painéis, com destaque para o tanino, polifenol obtido de várias fontes renováveis, como, por exemplo, da casca de ***Acácia mearnsii***, pinus e da madeira do cerne de quebracho.

De acordo com Carneiro et al. (2004), o custo do adesivo a base de tanino pode atingir até 50% do preço total do produto final.

Em pesquisas desenvolvidas por Pan (2006) para avaliar painéis de partículas confeccionados com um composto de resina poliuretana à base de diisocianato difenil metano (PMDI) e adesivo à base de ureia formaldeído (10, 20 e 30%), verificou-se a possibilidade de adição de até 30% de adesivo à base de ureia formaldeído sem prejudicar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis, além de contribuir para minimizar a emissão de poluentes.

Estudos realizados por Silva e Lahr (2008), indicam o uso de poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona para confecção de painéis aglomerados de madeiras, nas avaliações realizadas nos referidos painéis empregando-se 10 % da poliuretana, de acordo com a NBR 14810, foram determinados valores de propriedades físicas e mecânicas superiores aos referenciados em norma.

Os adesivos, bem como a madeira utilizada, são os principais elementos para confecção de painéis aglomerados, conseqüentemente, o emprego de novos materiais gera a necessidade de estudos para o desenvolvimento tecnológico adequado, objetivando propiciar qualidade aos painéis, de acordo com os requisitos exigidos por norma e garantido segurança ao meio ambiente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram realizados estudos exploratórios para a caracterização das espécies de madeiras individualmente, isso proporcionou um maior conhecimento da matéria prima, do emprego dos adesivos e dos parâmetros para confecção dos painéis.

Em seguida, com base nos estudos exploratórios, foram confeccionados novos painéis considerando-se a mistura das espécies com adesivos alternativos e o arranjo dos parâmetros de temperatura, prensagem objetivando-se a obtenção de painéis com qualidade conforme previsto por norma.

#### 3.1 ESTUDOS EXPLORATÓRIOS.

Inicialmente foram realizadas coletas das espécies de madeiras através de parceria com a Casa da Agricultura de Ilha Solteira, as espécies coletadas estão apresentadas na Tabela 2 com suas respectivas densidades aparentes.

Tabela 2 - Espécies coletadas.

| Nome Popular | Nome Científico                | Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|--------------------------------|---|
| Cedrinho     | <b><i>Cedrela odorata</i></b>  | 0,55                                    |
| Córdia       | <b><i>Cordia goeldiana</i></b> | 0,50                                    |
| Figueira     | <b><i>Ficus insipida</i></b>   | 0,45                                    |
| Paineira     | <b><i>Ceiba pentandra</i></b>  | 0,35                                    |

Fonte: Próprio autor

Em seguida, as amostras coletadas foram seccionadas em pequenas toras de aproximadamente um (1) metro de comprimento com diâmetros variáveis. Esse material foi encaminhado para a Escola de Engenharia de São Carlos - USP para iniciar os estudos exploratórios para confecção dos painéis aglomerados.

A Figura 2 ilustra a utilização da plaina (Figura 2a) para produção de partículas com comprimento de até 6 cm (Figura 2b).

Figuras 2 - Plaina utilizada para produção das partículas graúdas



(a)

Fonte: Próprio autor



(b)

Na etapa seguinte, utilizando-se um moinho de facas (Figura 3a) foram produzidas partículas com comprimento de até 0,5 cm (Figura 3b).

Figuras 3 - Moinho de faca para produção de partículas



(a)

Fonte: Próprio autor



(b)

Após serem processadas em moinho de facas, as partículas foram secas em estufa à temperatura de 60<sup>o</sup> C até atingirem umidade em torno de 5 % e para confecção dos painéis, foram propostos os parâmetros apresentados na Tabela 3, empregando-se resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona.

Com relação a prensagem dos painéis, foi empregado um ciclo considerando-se três momentos distintos:

- Prensagem inicial durante 3 minutos.
- Alívio de pressão, objetivando a liberação de gases e evitando a formação de bolhas e conseqüentemente a má formação dos painéis.
- Prensagem final durante 7 minutos.

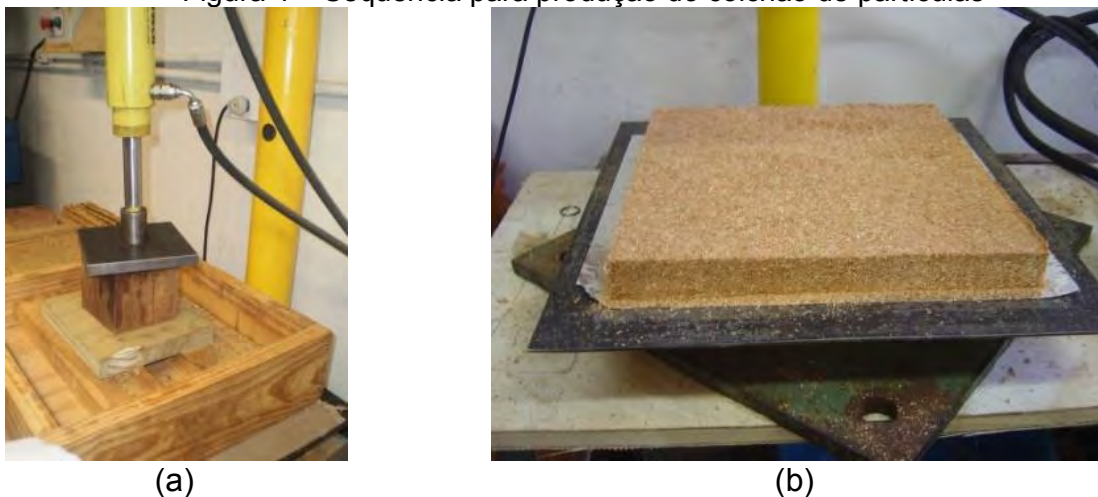
Tabela 3 - Parâmetros experimentais para confecção de painéis aglomerados.

| Densidade nominal (g/cm <sup>3</sup> ) | Conteúdo de resina (%) | Ciclo de prensagem (min. e seg.) | Temperatura de prensagem (°C) | Pressão de prensagem (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|--|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|
| 0,80                                   | 12                     | 3' 30''7'                        | 100                           | 55  |

Fonte: Próprio autor

Após as partículas atingirem temperatura de equilíbrio, iniciou-se o processo para preparação do “colchão de partículas” adicionando-se resina e realizando-se pré-prensagem de 10 Kgf/cm<sup>2</sup>, conforme ilustrado na Figura 4a; esse procedimento propicia uma aproximação inicial entre as partículas e conseqüente formação do colchão de partículas (Figura 4b).

Figura 4 – Sequência para produção do colchão de partículas



Fonte: Próprio autor

Conforme ilustrado na Figura 5, o colchão de partículas foi submetido à prensagem em prensa hidráulica (Figura 5a) com controle de temperatura e pressão para produção dos painéis aglomerados (Figura 5b).

Figura 5 - Prensagem do colchão de partículas em prensa hidráulica com controle de temperatura e pressão para preparação dois painéis aglomerados



(a)



(b)

Fonte: Próprio autor

Nos estudos exploratórios, foram confeccionados dois (2) painéis nas dimensões de 40 cm de largura, 40 cm de comprimento, 1 cm de espessura com densidade nominal estimada de  $0,8 \text{ g/cm}^3$  empregando-se 12% de resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona. Ressalta-se que, nesta etapa, objetivou-se verificar a eficiência da resina poliuretana em função das características de cada uma das espécies de madeiras estudadas e os parâmetros para confecção dos painéis.

Em seguida, a avaliação dos painéis foi realizada com base na NBR 14810/2002 e verificaram-se inicialmente as propriedades físicas: Densidade e Umidade e, propriedades mecânicas: Módulos de Resistência à Flexão Estática (MOR) e Resistência à Tração Perpendicular (RTP) e/ou Adesão Interna.

Com base nos resultados obtidos para caracterização dos painéis dos estudos exploratórios, foram desenvolvidos os estudos para confecção de painéis mix (com mistura de partículas em proporções iguais das espécies de madeira estudadas), empregando-se resina Ureia Formaldeído, resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona e resina PURBOND, que se caracteriza por ser uma resina poliuretana monocomponente.

Ressalta-se que para confecção dos painéis mix, foi proposto ajustes nos parâmetros para confecção dos painéis dos estudos exploratórios, conseqüentemente, representa uma nova etapa no desenvolvimento deste trabalho, conforme será descrito no próximo item.

### 3.2 PROPOSTA DE AJUSTES DE PARÂMETROS EXPERIMENTAIS PARA CONFECÇÃO DE PAINÉIS MIX

A partir dos resultados obtidos para caracterização dos painéis dos os estudos exploratórios, propôs-se ajustar os parâmetros experimentais para confecção dos painéis mix, objetivando-se a produção de painéis com misturas de partículas de madeira, em proporções iguais, empregando-se, resina Ureia Formaldeído e resina PURBOND. A Tabela 4 apresenta os ajustes propostas nos parâmetros experimentais para confecção dos painéis mix.

Tabela 4 - Parâmetros experimentais para confecção de painéis mix empregando-se resina Ureia Formaldeído e resina PURBOND.

| Resina  | Densidade Nominal (g/cm <sup>3</sup> ) | Conteúdo de Resina (%) | Ciclo de prensagem (min. e seg.) | Temperatura de prensagem (°C) | Pressão de prensagem (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|--|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|
| MAMONA  | 0,80                                   | 10                     | 3'30''7'                         | 90                            | 50  |
| PURBOND |  |                        |                                  | 130                           |   |
| UF      |  |                        |                                  |                               |   |

Fonte: Próprio autor

Definidos os novos parâmetros experimentais, foram confeccionadas três chapas para cada tipo de resina e avaliadas as seguintes propriedades dos painéis,

a tabela 5 mostra a quantidade e dimensões de cada corpos de prova utilizados para o ensaio.

Tabela 5 - Dimensão e quantidade de corpos de prova

| Propriedade avaliada                   | MOR    | RTP   | DENSIDADE E UMIDADE |
|--|--------|-------|---------------------|
| Quantidade de corpos - de - prova      | 14     | 28    | 28                  |
| Largura x comprimento x espessura (cm) | 5x25x1 | 5x5x1 | 5x5x1               |

Fonte: Próprio autor

- Módulo de Resistência à Flexão Estática (MOR), foram extraídos sete (7) corpos – de - prova de cada painel, nas dimensões nominais de 5 cm de largura, 25 cm de comprimento e 1 cm de espessura; totalizando quatorze (14) corpos-de-prova para avaliar o desempenho dos painéis de cada espécie de madeira.

- Módulo de Resistência à Tração Perpendicular (RTP), foram extraídas duas (2) amostras de cada corpo-de-prova utilizado para avaliação do MOR, nas dimensões de 5 x 5 cm e 1 cm de espessura, ou seja, 28 corpos-de-prova de cada para avaliar o desempenho dos painéis de espécie de madeira.

- Densidade e Umidade, foi considerado o seguinte procedimento: de cada corpo-de-prova utilizado no ensaio para determinação do MOR (14 no total), foram retiradas duas (2) amostras, nas dimensões nominais de 5 x 5 cm e 1 cm de espessura, ou seja, vinte e oito (28) corpos-de-prova para avaliação de cada propriedade física.

### 3.3 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS POR MEIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos para caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram submetidos à análise de regressão linear e múltipla com intervalo de confiança de 95%. Esta análise possibilitou estabelecer correlações entre as propriedades dos painéis.

A proposta de análise estatística foi realizada de acordo com os seguintes procedimentos para avaliação dos painéis:

- **Estatística da regressão:** para avaliação dos Coeficientes da reta, com a expectativa de que 95% das observações “y” se concentrem dentro do intervalo de seus respectivos valores projetados na reta de regressão.

- **ANOVA:** para verificar se a regressão deve ser aceita ou rejeitada. A análise será realizada verificando se o valor do “f” de significação é menor que o valor do nível de significância “F”. Essa análise é realizada considerando-se o nível de significância “F” com probabilidade de 0,05, usual para análises desta natureza.

- **Coeficientes da reta:** para verificação dos “Erros padrões”, do “Valor P”, “Valores mínimos” e “Valores máximos” dos coeficientes das retas, ambos para o intervalo de confiança de 95%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM OS ESTUDOS EXPLORATÓRIOS

Com a realização dos os estudos exploratórios, objetivou-se avaliar o desempenho das resinas empregadas, conseqüentemente, a Tabela 6 apresenta os valores de ensaios para determinação da Densidade e Umidade dos painéis confeccionados empregando-se resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona e os valores de referência segundo a NBR 14810.

Tabela 6 – Densidades e Umidades dos painéis.

| Madeira                                | Taxa de Compactação dos painéis | Densidade Nominal dos painéis (g/cm <sup>3</sup> ) | Densidade Aparente das espécies (g/cm <sup>3</sup> ) | Densidade Aparente dos painéis (g/cm <sup>3</sup> ) | Umidade dos painéis (%) |
|--|---------------------------------|--|--|---|-------------------------|
| Cedrinho                               | 1,45                            | 0,80   | 0,55   | 0,70  | 12,2                    |
| Córdia                                 | 1,60                            |  | 0,50   | 0,85  | 10,0                    |
| Figueira                               | 1,77                            |  | 0,45   | 0,79  | 10,3                    |
| Paineira                               | 2,28                            |  | 0,35   | 0,75  | 9,5                     |
| Valores de referência segundo NBR14810 |                                 |  |  | 0,55 a 0,75   | 5 a 11                  |

Fonte: Próprio autor

A Tabela 7 apresenta os resultados de ensaios obtidos para as propriedades de resistências mecânicas dos painéis dos estudos exploratórios, empregando-se resina poliuretana derivada de óleo de mamona e os valores de referência segundo a NBR 14810.

Tabela 7 - Valores do MOR e de RTP dos painéis.

| Madeira                  | MOR (MPa) | RTP (MPa) |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Cedrinho                 | 19,5      | 0,68      |
| Córdia                   | 24,2      | 1,48      |
| Figueira                 | 18,8      | 1,83      |
| Paineira                 | 21,0      | 1,63      |
| Valores segundo NBR14810 | 18,0      | 0,40      |

Fonte: Próprio autor

Nas Tabelas 6 e 7 verifica-se que os resultados obtidos para a caracterização dos painéis se apresentam com valores superiores aos referenciados pela NBR14810.

Considerando-se os resultados obtidos:

- Sob o ponto de vista das taxas de compactação, os painéis com partículas de cedrinho foram confeccionados dentro dos limites recomendados, ou seja, com taxa de compactação (1,45) entre 1,3 a 1,5. Entretanto, com relação aos painéis confeccionados com as demais espécies, verifica-se que a densidade nominal poderia ser definida para que pudesse propiciar a taxa de compactação dentro dos limites recomendados.
- Com relação aos valores obtidos para as propriedades físicas, observa-se que são coerentes com os limites exigidos por norma, com exceção dos painéis confeccionados com partículas de madeira de cedrinho, que apresentaram teor de umidade superior ao mínimo exigido. Enquanto que, com relação às propriedades mecânicas, observa-se que são superiores aos valores de referência da NBR 14810.
- A partir dos resultados obtidos, principalmente com relação aos valores de resistência mecânica, verifica-se que há possibilidade de adequação do teor de resina, da densidade nominal, da temperatura de prensagem e da pressão de prensagem, estes valores, possibilitam inferir que os ajustes poderão propiciar maior racionalidade no processo de confecção dos painéis.
- Com relação ao ciclo de prensagem; verificou-se que o tempo de alívio de pressão (30s), propiciou aos painéis a liberação de gases decorrente da cura da resina sem prejudicar suas propriedades físicas e mecânicas e melhorando suas qualidades.

## 4.2 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS MIX.

Considerando-se os resultados obtidos com os estudos exploratórios e os ajustes dos parâmetros experimentais, propôs-se a produção e avaliação de painéis mix, empregando-se resina ureia Formaldeído, resina Poliuretana Bicomponente derivada de óleo de mamona e resina PURBOND.

### 4.2.1 PRINCIPAIS PROPRIEDADES FÍSICAS

Conforme proposto no capítulo materiais e métodos, os painéis foram confeccionados e avaliados. As Tabelas 8 e 9 apresentam as principais propriedades físicas avaliadas.

Na Tabela 8 observam-se as taxas de compactação e os valores das densidades dos painéis mix.

Tabela 8 – Taxas de compactação e Densidades.

| Resina   | Taxa de Compactação | Densidade Nominal (g/cm <sup>3</sup> ) | Densidade Aparente da mistura (g/cm <sup>3</sup> ) | Densidade Aparente dos painéis(g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|---------------------|--|--|--|
| MAMONA   | 1,60                | 0,80                                   | 0,50   | 0,73   |
| PURBOND  |                     |  |  | 0,61   |
| UF       |                     |  |  | 0,65   |
| NBR14810 |                     |  |  | 0,55 a 0,75  |

Fonte: Próprio autor

Os valores das densidades aparentes dos painéis apresentadas na Tabela 7 estão dentro do intervalo de referência da NBR14810, entretanto, verifica-se que a taxa de compactação se apresenta acima do limite máximo recomendado (1,3 a 1,5), ou seja, considerando-se que este parâmetro exerce influência em todas as propriedades dos painéis, seu ajuste poderá propiciar racionalidade ao processo de confecção das chapas.

Na Tabela 9 observam-se os valores das Umidades, Inchamento e Absorção após 2h e 24h.

Tabela 9 – Taxas de compactação, Inchamento e Absorção após 2h e24h

| Resina   | Umidade (%) | Inchamento após 2h (%) | Inchamento após 24h (%) | Absorção após 2h (%) | Absorção após 24h (%) |
|----------|-------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| MAMONA   | 6,56        | 3,46                   | 9,35                    | 6,44                 | 20,07                 |
| PURBOND  | 7,46        | 31,33                  | 38,40                   | 62,54                | 84,85                 |
| UF       | 7,61        | 12,94                  | 15,56                   | 54,81                | 69,46                 |
| NBR14810 | 5 a 11      | 8                      | -                       | -                    | -                     |

Fonte: Próprio autor

Com relação às propriedades apresentadas na Tabela 8 observa-se que os teores de umidade dos painéis se encontram dentro dos limites com relação aos valores propostos pela NBR14810, bem como o valor do Inchamento determinado após 2h dos painéis confeccionados com resina poliuretana derivada de óleo de mamona. Todavia, os valores de Inchamento após 2h dos painéis confeccionados com resina PURBOND e resina Ureia Formaldeído (UF) se encontram fora dos limites de referência da referida norma. Este fato pode estar relacionado aos parâmetros experimentais propostos para confecção dos painéis, sendo necessária a realização de novos estudos para comprovação.

Na mesma tabela, observa-se que foram realizadas análises para verificação do Inchamento e absorção após 24h, entretanto, vale ressaltar que estas propriedades, para o intervalo de tempo proposto, não possuem valores de referência segundo a NBR14810.

#### 4.2.2 PRINCIPAIS PROPRIEDADES DE RESITÊNCIA MECÂNICA

Na Tabela 10 estão apresentados os valores médios dos resultados de ensaio para caracterização das principais propriedades de resistência mecânica dos painéis.

Tabela 10 – Valores médios das principais propriedades de resistência mecânica

| Resina   | MOR (MPa) | MOE (MPa) | RTP (MPa) |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| MAMONA   | 19,49     | 1580,89   | 1,17      |
| PURBOND  | 19,30     | 4500,35   | 0,53      |
| UF       | 20,36     | 3307,50   | 0,86      |
| NBR14810 | 18        | -         | 0,40      |

Fonte: Próprio autor

Conforme se observa na Tabela 10, os valores médios determinados tanto para o Módulo de Resistência à Flexão Estática (MOR) como para Resistência à Tração Perpendicular (RTP) são superiores aos valores mínimos propostos pela NBR14810, conseqüentemente, estes valores podem ser considerados adequados quanto ao uso proposto pela referida norma.

#### 4.2.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS CHAPAS POR MEIO DE ANÁLISE DE REGRESSÃO

Conforme proposto no Capítulo Materiais e Métodos, foram realizadas análises de regressão para avaliar a correlação entre as Propriedades de Resistência à Tração Perpendicular, que por sua vez está diretamente relacionada à adesão interna dos painéis; com as densidades dos painéis, que representam importante parâmetro para determinação da qualidade dos painéis.

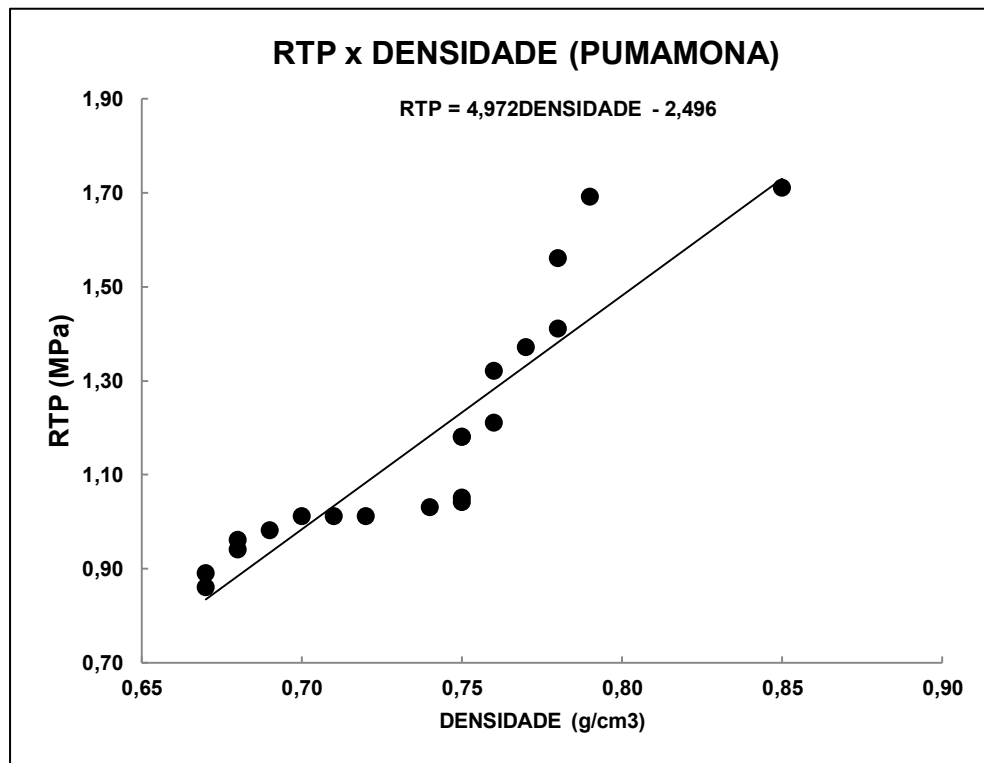
Tabela 11 – Resumo da análise de regressão entre os valores de Resistência à Tração Perpendicular e Densidades dos painéis confeccionados com resina poliuretana derivada de óleo de mamona (PUMAMONA)

| ESTATÍSTICA DA REGRESSÃO | R                          | R           | R                 | Erro      | Obs                      |                |
|--------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|-----------|--------------------------|----------------|
|                          | Múltiplo                   | Quadrado    | Quadrado Ajustado | Padrão    |                          |                |
|                          | 0,91                       | 0,82        | 0,81              | 0,11      | 20                       |                |
| ANOVA                    | gl                         | SQ          | MQ                | F         | <i>F de significação</i> |                |
| Regressão                | 1                          | 1,043       | 1,043             | 82,195    | 3,949E-08                |                |
| Resíduo                  | 18                         | 0,228       | 0,013             |           |                          |                |
| Total                    | 19                         | 1,271       |                   |           |                          |                |
| COEFICIENTES DA RETA     |                            | Erro Padrão | Stat t            | Valor-P   | 95% Inferiores           | 95% Superiores |
| Interseção               | -2,497                     | 0,405       | -6,161            | 8,124E-06 | -3,348                   | -1,645         |
| Variável X <sub>1</sub>  | 4,973                      | 0,548       | 9,066             | 3,949E-08 | 3,820                    | 6,125          |
| EQUAÇÃO DA RETA          | RTP = 4,973DENSIDADE-2,497 |             |                   |           |                          |                |

Fonte: Próprio autor

A Figura 6 ilustra o gráfico da Probabilidade Normal entre os valores de ensaios de Resistência à Tração Perpendicular e Densidade dos painéis.

Figura 6 – Gráfico da Probabilidade Normal referente à análise de regressão dos resultados de ensaios de RTP e densidade dos painéis confeccionados com PUMAMONA.



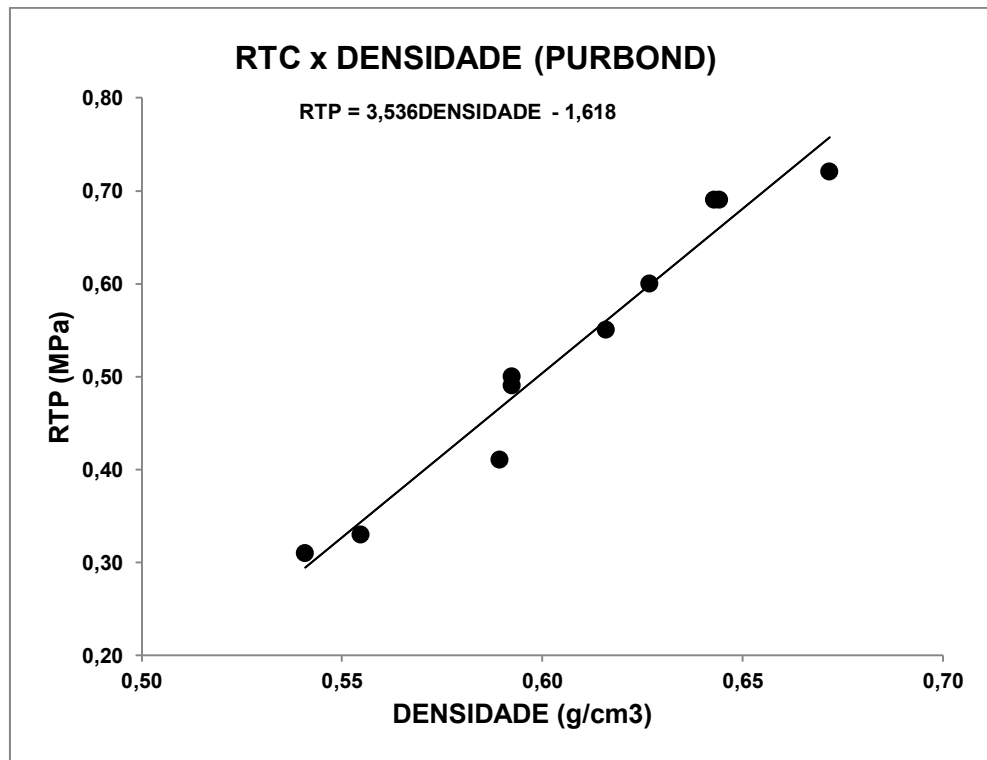
Fonte: Próprio autor

Tabela 12 – Resumo da análise de regressão entre os valores de Resistência à Tração Perpendicular e Densidades dos painéis confeccionados com resina poliuretana PURBOND HB SB109.

| ESTATÍSTICA DA REGRESSÃO | R                          | R           | R                 | Erro      | Obs               |                |
|--------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|-----------|-------------------|----------------|
|                          | Múltiplo                   | Quadrado    | Quadrado Ajustado | Padrão    |                   |                |
|                          | 0,98                       | 0,96        | 0,96              | 0,03      | 10                |                |
| ANOVA                    | gl                         | SQ          | MQ                | F         | F de significação |                |
| Regressão                | 1                          | 0,190       | 0,190             | 193,89    | 6,851E-07         |                |
| Resíduo                  | 8                          | 0,008       | 0,001             |           |                   |                |
| Total                    | 9                          | 0,198       |                   |           |                   |                |
| COEFICIENTES DA RETA     |                            | Erro Padrão | Stat t            | Valor-P   | 95% Inferiores    | 95% Superiores |
| Interseção               | -1,619                     | 0,155       | 10,473            | 6,006E-06 | -1,975            | -1,262         |
| Variável X <sub>1</sub>  | 3,537                      | 0,254       | 13,924            | 6,851E-07 | 2,951             | 4,123          |
| EQUAÇÃO DA RETA          | RTP = 3,536DENSIDADE-1,619 |             |                   |           |                   |                |

Fonte: Próprio autor

Figura 7 - Gráfico da Probabilidade Normal referente à análise de regressão dos resultados de ensaios de RTP e densidade dos painéis confeccionados com PURBOND HB SB109.



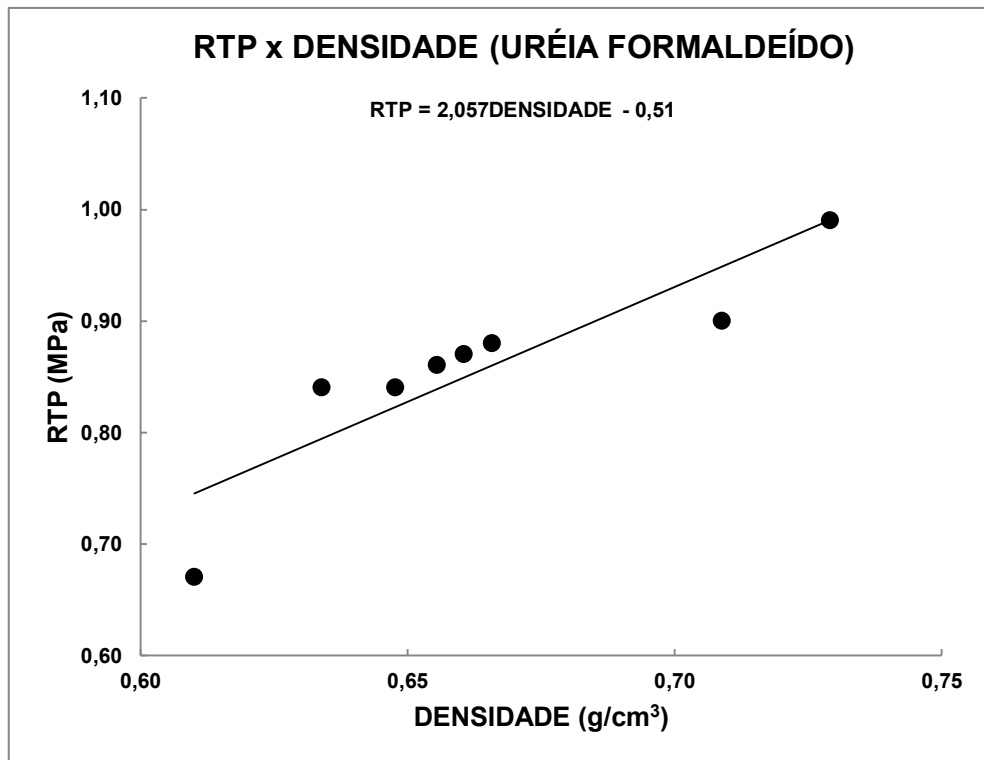
Fonte: Próprio autor

Tabela 13 – Resumo da análise de regressão entre os valores de Resistência à Tração Perpendicular e Densidades dos painéis confeccionados com resina ureia formaldeído.

| ESTATÍSTICA DA REGRESSÃO | R                        | R           | R                 | Erro    | Obs               |                |
|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------------|---------|-------------------|----------------|
|                          | Múltiplo                 | Quadrado    | Quadrado Ajustado | Padrão  |                   |                |
|                          | 0,89                     | 0,80        | 0,76              | 0,04    | 8                 |                |
| ANOVA                    | gl                       | SQ          | MQ                | F       | F de significação |                |
| Regressão                | 1                        | 0,044       | 0,044             | 22,60   | 0,0031            |                |
| Resíduo                  | 6                        | 0,012       | 0,002             |         |                   |                |
| Total                    | 7                        | 0,056       |                   |         |                   |                |
| COEFICIENTES DA RETA     |                          | Erro Padrão | Stat t            | Valor-P | 95% Inferiores    | 95% Superiores |
| Interseção               | -0,51                    | 0,288       | 1,772             | 0,127   | -1,214            | 0,194          |
| Variável X <sub>1</sub>  | 2,06                     | 0,432       | 4,754             | 0,003   | 0,998             | 3,116          |
| EQUAÇÃO DA RETA          | RTP = 2,06DENSIDADE-0,51 |             |                   |         |                   |                |

Fonte: Elaboração pelo próprio autor

Figura 8 - Gráfico da Probabilidade Normal referente à análise de regressão dos resultados de ensaios de RTP e densidade dos painéis confeccionados com resina ureia formaldeído.



Fonte: Próprio autor

Observam-se nas Tabelas 11, 12 e 13 que os valores dos coeficientes da reta tendem para um (1) e verifica-se ainda que o valor do **F de significação** se apresenta inferior ao valor **F do nível de significância**, conseqüentemente, considerando-se que a análise foi realizada para um nível de significância com probabilidade de 0,05% a regressão deve ser aceita.

Nos gráficos referentes à Probabilidade Normal, observa-se que os valores correlacionados de RTP e Densidade tendem a se distribuir linearmente ao longo da reta e, de acordo com a equação da reta, a partir dos valores de Densidade é possível determinar valores de Resistência à Tração Perpendicular. A utilização dessas equações propicia a simulação de novos resultados que pode ajudar na confecção de painéis com parâmetros experimentais ajustados e conseqüentemente a obtenção de painéis com melhores propriedades e qualidades.

## 5 CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos desse trabalho, que se constituem da confecção e avaliação de painéis com partículas de madeiras tropicais empregando-se duas resinas alternativas: Poliuretana Bicomponente derivadas de Óleo de Mamona (PUMAMONA), Poliuretana Monocomponente PURBOND HB SB109 (PURBOND) e uma resina convencional: ureia Formaldeído (UF). A partir dos resultados obtidos com base na NBR14810 e ASTM: D-1037 foi possível avaliar a eficiência das resinas empregadas com relação aos parâmetros de produção dos painéis.

Inicialmente foram realizados estudos explorados empregando-se resina poliuretana bicomponente derivada óleo de mamona, nesta etapa foram confeccionados dois painéis de partículas para cada espécie de madeira estudada e os resultados obtidos para caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos painéis possibilitaram concluir:

- De modo geral as propriedades físicas avaliadas estavam de acordo com as exigências dos documentos normativos, com exceção do teor de umidade dos painéis confeccionados com partículas de madeira de cedrinho, que se situou um pouco acima (12,25).
- Com relação às propriedades de resistências mecânicas verificou-se, em função dos resultados obtidos, que havia possibilidade de se diminuir o teor de resina PUMAMONA inicialmente proposto (12%), conseqüentemente a redução do teor de resina e o ajuste dos demais parâmetros para confecção dos painéis se constituíram das diretrizes da etapa seguinte.

Os estudos realizados com os ajustes dos parâmetros foram utilizados para confecção e avaliação dos painéis mix empregando-se PUMAMONA, PURBOND E UF e, verificou-se que as propriedades físicas (densidade e umidade) foram determinadas de acordo com as exigências normativas. Entretanto, somente os painéis confeccionados PUMAMONA satisfizeram a propriedade de inchamento após 2hs.

Vale ressaltar que, no processo de produção industrial (com resina ureia formaldeído) de painéis aglomerados é usual o emprego de parafina, a adição de parafina objetiva propiciar maior resistência à umidade dos painéis, evitando-se problemas de inchamentos. Todavia, para a produção dos painéis mix não se

utilizou parafina, conseqüentemente, este fato pode ter propiciado menor resistência à absorção de umidade, provocando inchamento aos painéis mix fora dos padrões recomendados por norma.

Dentre os vários aspectos observados para confecção dos painéis mix, vale ressaltar:

- Problema de absorção ocorrido com os painéis confeccionados com resina PURBOND. Neste caso a temperatura de prensagem deverá ser ajustada para valores acima de 100<sup>0</sup>C, de acordo com as recomendações técnicas do fabricante. Entretanto, vale ressaltar que a referida resina possui viscosidade que dificulta a homogeneização da mistura.
- Taxa de compactação (Tabela 8) poderia ser ajustada, ou seja, para que a taxa de compactação se encontre dentro do limite recomendado (entre 1,3 a 1,5) é necessário propor uma densidade nominal de 0,70 g/cm<sup>3</sup>, conseqüentemente, considerando-se a densidade aparente da mistura igual a 0,50 g/cm<sup>3</sup>, a taxa de compactação seria de 1,4, ou seja, dentro do limite recomendado.

Com relação às análises de regressão linear realizadas, possibilitam concluir que as Densidades Aparentes dos painéis e a Resistência à Tração Perpendicular e/ou Adesão Interna entre as partículas estão fortemente correlacionadas e indicam ser viável o emprego das resinas alternativas PUMAMONA e PURBOND e da resina convencional UF na confecção de painéis particulados conforme as aplicações admitidas pela NBR 14810.

## **6 SUGESTÕES PARA AS PRÓXIMAS PESQUISAS**

Empregando-se resinas UF:

- Propor a confecção de novos painéis mix empregando-se parafina com o objetivo de propiciar resistência ao inchamento e absorção de umidade

Empregando-se resinas PUMAMONA:

- Propor a confecção de novos painéis mix com ajustes na taxa de compactação e na temperatura de prensagem, objetivando minimizar o consumo de resina e de energia.

Empregando-se resinas PURBOND:

- Para esta resina há necessidade de realização de novos ensaios para caracterização das propriedades de adesão dos painéis, pois, verificou-se, que em função das características técnicas do produto é possível ajustar a temperatura de prensagem, entretanto, outro importante aspecto verificado foi com relação à viscosidade da resina, que se caracteriza por dificultar o processo de homogeneização da mistura.

## REFERÊNCIAS

A agenda 21. In: CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1., 1996, Brasília. **Conferência...** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996. p. 31 - 68.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941:** madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14.810:** painéis de madeira aglomerada – parte 3: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2002, 39 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 10004:** resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL - ABTCP. **M-11/77:** teor de cinzas. São Paulo, 1974, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15316:** painéis de fibra de média densidade: requisitos. Rio de Janeiro, 2006, 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15316:** painéis de fibra de média densidade: terminologia. Rio de Janeiro, 2006, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941:** madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003, 6 p.

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

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI-A-208.1-87. **Mat-formed wood particleboard.** New York: Overview Of The U.S. Standardization System, 1987. 4 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM: D-1037:** standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia: [s.n.], 2006. 250 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1037: standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. **Annual Book of ASTM Standards**, New York, v. 4, n.10, p. 150-179, 1993.

BERALDO, A. L.; JOSÉ, F. J. Painéis prensadas de partículas de bambu e adesivo poliuretana à base de óleo de mamona. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Carlos: IBRAMEM, 2006. 1CD-ROM.

BLANCHET P, C. A.; RIEDL, B. Particleboard made from hammer milled black spruce bark residues. **Wood Science Technology**, New York, v. 34, n. 1, p. 11-19, March 2000.

BRITO, E. O.; SÁ-ROCHA, J. D.; VIDAURRE, G. B.; BATISTA, D. C.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES L. G. da C. Propriedades de painéis produzidas com resíduos de fruto de coco e partículas de pinus. **Floresta e Ambiente Seropédica**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 1-6, 2004.

CAMPOS, R. A.; SAMPAIO, J. R.; SCHETTINI, C. P.; CABRAL, C. P. T.; JACOVINE, L. A. G. Análise da qualidade de chapas de madeira aglomerada com casca de pinhão manso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012. 1 CD-ROM.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Propriedades de painéis de flocos fabricadas com adesivo de ureia-formaldeído e de taninos de casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus sp ellita* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 715-724, set./out. 2004.

COMMERCIAL STANDARD- CS. **CS 236-66**: mat formed wood particleboard. [S.l.], 1968, p. 425

GAY, P. et al. **L'Atlas du bois**. Paris: Editions de Monza, 2001. p. 210.

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C.; BRITO, E. O.; NASCIMENTO, A. M. Produção de painéis de madeira aglomerada com adesivo ureia formaldeído modificado com tanino de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benthham (sabiá). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n. 1, p. 18-26, 2003.

GUIMARÃES B. M. R. Avaliação das propriedades físicas de painéis aglomerados de embaúba. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012. 1 CD-ROM.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de painéis aglomerados estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e Acácia-negra. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Anuário nascimentoestatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201002\\_5.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201002_5.shtm)>. Acesso em: 17 out. 2011.

IWAKIRI, S. et al. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná- FUPEF, 2005. p. 123-124.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIAC, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serraria na produção de painéis de madeira aglomerada de Eucalipto. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 1, n. 1-2, p. 23-28, 2000.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHRINGER, C. A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de

*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 28 n. 6, nov./dez. 2004.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.

MARGOSIAN, R. Initial formaldehyde emission levels for particleboard manufactured in the the United States. **Forest Products Journal**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 19-20, 1990.

MATTOS, R. L. G; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

MENDES, R. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; OLIVEIRA, S. L.; FREIRE, C. S. Avaliação de espécies de rápido crescimento para a produção de painéis aglomerados. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012. 1 CD-ROM.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, jun. 2010.

NASCIMENTO, M. F. Chapas de partículas homogêneas: madeiras do nordeste do Brasil. 2003. Tese (**Doutorado em Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais**) - São Carlos- EESC, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2003.

OLIVEIRA, V. P.; VIEIRA, K. A.; TOLEDO, L. J. da S.; BATTISTELLE, R. A. G.; VALARELLI, I. D. Confecção de chapas aglomeradas empregando-se bambu, fibras de coco e resina poliuretana derivada de mamona. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012. 1 CD-ROM.

PAN, Z. L.; CATHCART, A; WANG, D. H. Properties of particleboard bond with rice bran and polymeric methylene diphenyl diisocyanate adhesives. **INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 40-45, Jan. 2006.

ROFFAEL, E. **Dieformaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Holzwerkstoffen**. Stuttgart: Germany, 1982. p. 285

SAMLAIC, J. Os atuais problemas e as possibilidades dos adesivos para a madeira. **Revista da Madeira**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 34-35, fev.1983.

SELLERS, T.; MC SWEEN, J. R.; NEARN, W. T. La adherencia en la madera y los adhesivos. **Revista Vetas**, Niterói, v. 1, n. 2, p. 74 –77, 1995.

SILVA, S. A. M.; LAHR, F. A. R. Chapas de partículas confeccionadas com resíduos de madeiras tropicais de baixa densidade. In: AUTOR. **Reciclagem de resíduos para a construção civil**. Belo Horizonte: Universidade FUMEC – FEA, 2008. p. 343 – 365.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA- SBS. **Fatores e números do Brasil florestal**. São Paulo: Record, 2008. 92 p. Disponível em: <[www.sbs.org.br/FatoresNumerosdoBrasilFlorestal.pdf](http://www.sbs.org.br/FatoresNumerosdoBrasilFlorestal.pdf)>. Acesso em: 20 ago 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA ZONA FRANCA DE MANAUS – SUFRAMA. **Potencialidades regionais: estudos de viabilidade econômica – produtos madeireiros**. Manaus: UFAM, 2010. Disponível em: <[www.suframa.gov.br](http://www.suframa.gov.br)>. Acesso em: 22 set. 2012

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira Aglomerada**. 2010 260 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2010.

ZHENG, Y.; PAN, Z.; ZHANG, R.; JENKINS, B. M.; BLUNK, S. Particleboard Properties of Saline Jose Tall Wheatgrass and Effect of Chemical Treatment. **Industrial Crops and Products**, Davis, v. 23, n. 3, p. 318 - 326. may, 2006.