

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL FERREIRA DA TRINDADE

INTERFERÊNCIA DA RUGOSIDADE DAS LÂMINAS NA RESISTÊNCIA AO  
CISALHAMENTO NA LINHA DE COLAGEM DE COMPENSADOS  
FENÓLICOS DE PINUS.

CURITIBA

2008

RAFAEL FERREIRA DA TRINDADE

INTERFERÊNCIA DA RUGOSIDADE DAS LÂMINAS NA RESISTÊNCIA AO  
CISALHAMENTO NA LINHA DE COLAGEM DE COMPENSADOS  
FENÓLICOS DE PINUS.

Monografia apresentada à disciplina de Painéis de Madeira sob orientação do Prof. Dr. Setsuo Iwakiri como requisito à conclusão do Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

2008

## DEDICO

A Deus, força e refúgio em todos os momentos, toda honra, toda glória e todo louvor a Ti. “Até aqui o Senhor nos ajudou”.

Aos meus pais, por possibilitarem a realização deste sonho e sempre terem acreditado.

À Rayana, minha esposa, e Ryara, minha filha, pela paciência e motivação e amor.

## **AGRADECIMENTOS**

Às Madeiras Guamiranga por tornar possível a realização deste trabalho.

Ao Miguel Angelo C.de Castro Jr. e Marcelo P Fenker pela confiança, apoio e oportunidades.

À equipe de assessoria técnica da Hexion Química Ltda. pela colaboração.

Ao professor Dr. Umberto Klock pela força e incentivo ao longo desta jornada.

Ao meu orientador Dr. Setsuo Iwakiri, pela orientação e todo conhecimento ministrado.

Aos amigos João Ricardo M. Luz, Reginaldo D. Costa, Leandro C. Bereza, Rômulo L. Moleda, Rafael L. Zattoni pela amizade e companheirismo durante o curso.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da rugosidade das lâminas de pinus sobre a resistência ao cisalhamento na linha de colagem dos painéis compensados fenólicos de pinus. A razão deste estudo baseia-se em salientar a importância do controle da incidência de rugosidade nas lâminas de pinus, bem como dos fatores que a ocasionam.

Para realização dos ensaios foram confeccionados, em cada tratamento, 3 painéis compensados de 11mm de espessura compostos por 5 lâminas de *pinus taeda* ligados por meio de resina fenol-formoldeído. Pelo fato de não ter sido encontrado lâminas com incidência de rugosidade em toda sua superfície, foi criada então uma situação forçada em que lâminas do miolo cola e miolo seco apresentavam locais de rugosidade coincidentes, ou seja, os focos de rugosidade se sobrepunham.

De cada painel foram retirados 30 corpos de prova, os quais foram submetidos a ensaios de cisalhamento na linha de cola através de uma máquina universal de testes.

Previamente aos ensaios, os corpos de prova receberam 2 pré-ensaios: 24 horas de imersão em água fria e ciclo de imersão em água fervente. Após serem tracionados os corpos de prova foram secos em estufa ventilada e receberam a leitura da quantidade de fibras presentes na área de teste a fim de mensurá-las com a tensão de ruptura obtida.

Os resultados mostraram que a incidência de rugosidade nas lâminas compromete a colagem dos painéis não apenas nos locais exatos da presença de tais defeitos como também nas demais regiões das chapas. Concluiu-se que um controle rígido sobre a qualidade das lâminas, no quesito rugosidade, é de extrema importância no gerenciamento da qualidade do processo de produção de painéis compensados.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PÁTIO DE ESTOQUE E COZIMENTO DE TORAS.....	14
FIGURA 2 – TORNO 2,30 m (esq.) e TORNO 1,30 m (dir.).....	15
FIGURA 3 – SECAGEM DE LÂMINAS .....	16
FIGURA 4 – PREPARAÇÃO DA COLA .....	17
FIGURA 5 – APLICAÇÃO DE COLA E MONTAGEM DOS FARDOS.....	18
FIGURA 6 – ASSEMBLAGEM ABERTA (esq.), FECHADA (dir.) .....	19
FIGURA 7 – PRÉ-PRENSAGEM .....	19
FIGURA 8 – ESQUADREJAMENTO. ....	21
FIGURA 9 – SERRA CIRCULAR MULTIPLA.....	21
FIGURA 10 – LIXADEIRAS.....	22
FIGURA 11 – RANHURAS.....	22
FIGURA 12 – RUGOSIDADE LEVE.....	24
FIGURA 13 – RUGOSIDADE GROSSA .....	24
FIGURA 14 – TRATAMENTO LISO .....	25
FIGURA 15 – FORMAÇÃO DOS PAINÉIS .....	26
FIGURA 16 – PAINEL COMPOSTO POR LÂMINAS COM RUGOSIDADE LEVE. ....	27
FIGURA 17 – PAINEL COMPOSTO POR LÂMINAS COM RUGOSIDADE GROSSA. ....	27
FIGURA 18 – AREA DO PAINEL COM TRATAMENTO LISO .....	28
FIGURA 19 – DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA. ....	31
FIGURA 20 – CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....	32
FIGURA 21 – AMOSTRAS IMERSAS EM ÁGUA FERVENTE .....	33
FIGURA 22 - CORPO DE PROVA SENDO TRACIONADO.....	34
FIGURA 23 – CORPO DE PROVA APÓS TRAÇÃO .....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TEMPO DE PERMANENCIA DOS PAINEIS NA PRENSA .....	20
TABELA 2 – VARIAÇÃO DA ESPESSURA NOS TRATAMENTOS.....	25
TABELA 3 – CARACTERISTICAS DA RESINA FENÓLICA.....	28
TABELA 4 – CARACTERISTICAS DA COLA .....	29
TABELA 5 – CARACTERISTICAS DAS LÂMINAS .....	29
TABELA 6 – CARACTERISTICAS DA ASSEMBLAGEM.....	29
TABELA 7 – CARACTERISTICAS DA PRENSAGEM .....	30
TABELA 8 – QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA .....	30
TABELA 9 – CRITÉRIO PARA O CUMPRIMENTO DOS REQUISITOS DE COLAGEM DE PAINÉIS MULTILAMINADOS.....	36
TABELA 10 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E PERCENTUAL DE FIBRAS EM TODOS OS TRATAMENTOS.....	37

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1 PAINEL COMPENSADO .....	11
3.1.1 Componentes do painel compensado .....	11
3.1.1.1 Lâminas .....	11
3.1.1.2 Capa .....	11
3.1.1.3. Contracapa.....	12
3.1.1.4 Rugosidade .....	12
3.1.1.5 Adesivo .....	12
3.1.1.5.1 Fenol-formaldeído .....	12
3.2 ESPÉCIES DE MADEIRAS .....	13
3.2.1 <i>Pinus taeda</i> .....	13
3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO COMPENSADO .....	13
3.3.1 Cozimento de toras .....	13
3.3.2 Laminação .....	14
3.3.3 SECAGEM .....	15
3.3.4 Preparação da cola .....	16
3.3.5 Aplicação da cola montagem dos fardos .....	17
3.3.6 Assemblagem .....	18
3.3.6.1 Assemblagem aberta .....	18
3.3.6.2 Assemblagem fechada.....	18
3.3.7 Pré-prensagem .....	19
3.3.8 Prensagem.....	20
3.3.9 Acabamento .....	20
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
4.1 PROCEDIMENTO DE CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS.....	23
4.1.1 Classificação das lâminas .....	23
4.1.1.1 Rugosidade Normal .....	23
4.1.1.2 Rugosidade Leve .....	23

4.1.1.3 Rugosidade Grossa .....	24
4.1.1.4 Liso .....	25
4.1.2 Formação dos painéis.....	26
4.1.2.1 Características do processo.....	28
4.1.3 Confeção dos corpos de prova.....	30
4.2 PRÉ-ENSAIOS.....	32
4.3 ENSAIOS .....	33
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>8. ANEXO 1 .....</b>	<b>41</b>
<b>9. ANEXO 2 .....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se, através de recentes relatos históricos, que a produção de lâminas de madeira originou-se por volta de 3000 a.C. (Remade, 2008). No entanto nos dias atuais o processo de produção de laminas e painéis compensados de madeira ainda inspira diversos estudos e pesquisas.

O cenário econômico atual, caracterizado pela drástica redução nas exportações de madeiras em decorrência da crise no mercado de crédito e conseqüente diminuição de produção do setor de construção civil norte-americano, impõem um grande desafio às empresas exportadoras de produtos de base florestal: Continuar produzindo.

Para manter seu nível de produção, mesmo frente às dificuldades, as empresas estão procurando novos mercados e mais do que nunca, maximizar a qualidade de seus produtos e minimizar seus custos. Para tanto, estão investindo em um controle de qualidade cada vez mais minucioso realizado desde a entrada de matéria-prima até a expedição do produto final.

É neste contexto que se encontra a Madeiras Guamiranga. A empresa situada na cidade de Telêmaco Borba, interior do estado do Paraná, atua no setor de painéis compensados fenólicos de pinus desde 1998. A MG destina cerca de 90% de sua produção mensal ao Grupo Iglesias da Espanha, como base para piso engenheirado de madeira.

A Guamiranga têm constantemente avaliado todas as variáveis de seu processo produtivo visando obter maior uniformidade em sua maneira de produzir, mesmo utilizando um material tão complexo como a madeira.

Este trabalho traz um breve relato de como é produzido o painel compensado de laminas torneadas nas Madeiras Guamiranga e apresenta um impasse enfrentado pela empresa no que diz respeito a qualidade das laminas.

## **2. OBJETIVOS:**

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a interferência da rugosidade das laminas sobre a resistência ao cisalhamento na linha de colagem de compensados fenólicos de pinus.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter dados de resistência ao cisalhamento na linha de colagem e do percentual de fibras coladas dos painéis compensados.
- Comparar os resultados obtidos em todos os tratamentos realizados.
- Verificar o grau de interferência das rugosidades das laminas na eficiência da colagem dos painéis compensados.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PAINEL COMPENSADO

Painel composto de laminas de madeiras sobrepostas em número ímpar de camadas, unidas por um adesivo, formando um ângulo de 90° entre as camadas adjacentes. Podem ser de uso interior quando utilizado o adesivo uréia-formaldeído e, de uso exterior (“prova d’água”) quando a colagem é a base de adesivo fenol-formaldeído. Os compensados são painéis com aplicações muito abrangentes, sendo destinados para setores da construção civil, naval, industrial moveleira, embalagens, etc (IWAKIRI, 2005).

##### 3.1.1 Componentes do painel compensado

###### 3.1.1.1 Lâminas:

Folha fina de madeira utilizada para a confecção de painéis compensados. De acordo com a madeira de obtenção são classificadas como:

- i. Lâminas Faqueadas: Lâmina obtida pela movimentação do bloco ou tora, lateralmente contra a faca ou vice-versa.
- ii. Lâminas Torneadas: Lâmina obtida de forma contínua centrando uma tora em um torno e girando-a ao redor de seu eixo contra uma faca. (BEZERRA, 2007)

###### 3.1.1.2 Capa

Lado de um painel composto por lâminas da melhor qualidade.  
(BEZERRA, 2007)

### 3.1.1.3 Contracapa

Lado de um painel composto por laminas de qualidade inferior em relação à capa (BEZERRA, 2007).

### 3.1.1.4 Rugosidade

A rugosidade das laminas aparece como uma alternância de cavidades e de cristas salientes que margeiam estas cavidades. As cavidades e cristas são orientadas pelo comprimento principalmente na direção das fibras da madeira.

As cavidades são pouco profundas; elas se devem a leves arrancamentos de fibras.

O defeito aparece de forma menos evidente na face *fechada* (face exterior ou do lado da barra de compressão) do que na face aberta, em seguida a fricções que a face fechada sofreu, em primeiro lugar por fricção da tora contra a face afiada da faca, depois por atrito contra a barra de compressão, possuindo essas fricções uma ação de aplainamento dos ápices das irregularidades (GUILHERME e FONDRONNIER, 1979).

### 3.1.1.5 Adesivo:

Composto ou substância capaz de promover e manter materiais associados através da união de suas superfícies. (BEZERRA, 2007)

#### 3.1.1.5.1 Fenol-Formaldeído

Adesivos normalmente líquidos que necessitam, para sua cura, temperaturas iguais ou superiores a 140°C. Estes adesivos são muito utilizados na produção de compensados à prova d'água, como compensados navais e estruturais. O uso de extensores como farinha de trigo, farinha de casca de nozes, pó de serra, ou pó de sangue de boi solúvel, evitam excessivas penetrações da resina na madeira (ABIMCI, 2003).

## 3.2 ESPÉCIES DE MADEIRAS:

### 3.2.1 *Pinus taeda*

Árvore que pode atingir mais de 20 metros de altura; casca gretada e ramos acinzentados. Acículas reunidas em grupos de 3 (com 15 a 20 cm de comprimento), de cor verde-escura. Cones masculinos cilíndricos e amarelados, femininos ovado-oblongos, sésseis ou sub-sésseis, muito persistentes e dotados de escamas espinhosas. Sementes pequenas, cerca de 5 mm de comprimento, com alas de até 25 mm. Madeira resinosa.

Em 1948, através do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas, para ensaios, as espécies americanas conhecidas nas origens como "pinheiros amarelos" que incluem *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda*. Dentre essas, as duas últimas se destacaram pela facilidade nos tratamentos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil. Desde então um grande número de espécies continuou sendo introduzido e estabelecido em experimentos no campo por agências do governo e empresas privadas, visando ao estabelecimento de plantios comerciais. A diversidade de espécies e raças geográficas testadas, provenientes não só dos Estados Unidos mas também do México, da América Central, das ilhas caribenhas e da Ásia foi fundamental para que se pudesse traçar um perfil das características de desenvolvimento de cada espécie para viabilizar plantios comerciais nos mais variados sítios ecológicos existentes no país. (INSTITUTO HORUS, 2005).

## 3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO COMPENSADO

### 3.3.1 Cozimento de Toras

O cozimento de toras tem a função de amolecer a madeira, facilitando a laminação.

As toras utilizadas no processo são derivadas de árvores de *pinus taeda* fornecidas pela Klabin Florestal (Indústrias Klabin do Paraná de Celulose).

O comprimento das toras é de: 5,30 m e 7,36 m. Estas toras chegam ao pátio da empresa com casca e ao serem descarregadas dos caminhões são

empilhadas sobre a linha de distribuição de vapor. Em seguida as pilhas de toras são cobertas por uma lona formando os chamados “tanques de cozimento”.

O vapor utilizado no cozimento é oriundo da caldeira.

MEDINA (1996) citado por PRATA (2006), conclui que o aquecimento das toras melhora o rendimento na laminação, a qualidade das lâminas e a resistência mecânica na linha de cola.

O tempo de cozimento é inversamente proporcional a temperatura do vapor, e diretamente proporcional ao diâmetro das toras e a densidade da madeira. Na Madeiras Guamiranga o tempo de cozimento considerado ideal é de doze horas, porém devido a dificuldades com o fornecimento de toras o tempo médio de permanência nos tanques é de aproximadamente oito horas. (CONTROLE DE QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA).

Após o cozimento as toras seguem para a operação de laminação. O pátio de toras esta demonstrado na figura (1).



FIGURA 1 – PÁTIO DE ESTOQUE E COZIMENTO DE TORAS

Fonte: O Autor (2008)

### 3.3.2 Laminação

Após o cozimento, a laminação é realizada em dois tornos desenroladores ambos do fabricante Thoms & Benato.

O primeiro torno, produz laminas de 2,30 m de comprimento e 1,37 m de largura com espessura de 3,1 mm e 2,1 mm. É chamado de “torno 2,30”.

O segundo torno produz laminas de 1,30 m de comprimento e 2,45 m de largura com 2,1 mm de espessura. É comumente chamado de “torno 1,30”. A figura (2) demonstra os tornos utilizados na operação de laminação.



FIGURA 2 – TORNO 2,30 m (esq.) e TORNO 1,30 m (dir.).

**Fonte: O Autor (2008)**

### 3.3.3 Secagem

Após a laminação as laminas apresentam um teor de umidade muito elevado, aproximadamente 100%. Desta forma as laminas após a laminação seguem imediatamente para os secadores a fim de se evitar o ataque de fungos e outros organismos xilófagos. A temperatura média nas câmaras dos secadores é de  $(120 \pm 10)^\circ\text{C}$  e o teor de umidade desejado ao final da secagem é de 05 a 08 %. (CONTROLE DE QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA)

A secagem de lâminas é fator de extrema importância uma vez que teores de umidade muito elevados diminuem a eficiência da colagem podendo formar bolhas de vapor que resultam em descolamento e/ou estouro do painel. Em contrapartida IWAKIRI (2005) afirma que um teor de umidade extremamente baixo é prejudicial, pois com a lâmina demasiadamente seca, a taxa de absorção do adesivo líquido será maior, aumentando também a velocidade de cura e a solidificação do adesivo.

Visando evitar este impasse as lâminas após a secagem e classificação em classes A, B e C, de acordo com a quantidade de nós, são armazenadas

por um período de 06 dias, proporcionando assim um tempo de condicionamento.

Após o processo de secagem as laminas são classificadas em Os secadores utilizados pela empresa estão demonstrados na figura (3).



FIGURA 3 – SECAGEM DE LÂMINAS

Fonte: O Autor (2008)

#### 3.3.4 Preparação da cola

Para a união das laminas é utilizado como adesivo resina fenol-formaldeído. De acordo MARRA (1992) citado por PRATA (2006) quanto maior a proporção de resina utilizada na formulação do adesivo, maior será a qualidade da ligação adesiva, contudo um grau maior de extensão reduz o custo final do adesivo e também a qualidade da ligação.

A formulação do adesivo utilizada pela empresa apresenta teor de sólidos entre 35 e 40 %. A viscosidade desejada é de (60+/-05) segundos medida em copo Ford 8 mm. A preparação da cola é demonstrada na figura (4)



FIGURA 4 – PREPARAÇÃO DA COLA

Fonte: o Autor (2008)

### 3.3.5 Aplicação de cola e Montagem dos fardos

A aplicação de cola é o processo onde as laminas do miolo-cola recebem cola e são posicionadas juntamente com o miolo-seco, capa e contra-capa para formar o painel compensado.

Segundo TSOUMIS (1991) e KOLLMANN (1975) citados por PRATA (2006), as variações de massa específica entre os lenhos inicial e tardio, como também entre os lenhos juvenil e adulto limitam tecnicamente a colagem das laminas de coníferas de rápido crescimento.

Alguns parâmetros são controlados nesta etapa, a temperatura das laminas que deve ser igual ou inferior a 35 °C; A gramatura, ou seja, a quantidade de cola aplicada nas lâminas deve ser de 360 g/m<sup>2</sup> na linha dupla; e a viscosidade de (70+/-05) segundos medida em copo ford N<sup>o</sup>. 08. (CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA). A aplicação de cola pode ser observada na figura (5).



FIGURA 5 – APLICAÇÃO DE COLA E MONTAGEM DOS FARDOS

Fonte: O Autor (2008)

### 3.3.6 Assemblagem

Assemblagem é o tempo considerado a partir do momento em que a madeira recebe a cola até sua entrada na prensa. É classificado em assemblagem aberta e assemblagem fechada:

#### 3.3.6.1 Assemblagem Aberta

Tempo de espera do painel antes da pré-prensa.

#### 3.3.6.2 Assemblagem Fechada

Tempo de espera do painel após a pré-prensa.

O tempo de assemblagem interfere diretamente na transferência do adesivo da lâmina com cola para a lâmina sem cola e na penetração do adesivo nas células superficiais das lâminas, Este fato implica na necessidade de programação deste tempo para a obtenção de melhor qualidade na ligação (IWAKIRI, 2005).

A Figura (6) demonstra a assemblagem aberta e fechada:



FIGURA 6 – ASSEMBLAGEM ABERTA (esq.), FECHADA (dir.).

Fonte: O Autor (2008)

### 3.3.7 Pré-prensagem

A pré-prensagem é um processo de prensagem a frio que serve para compactar o fardo de chapas de madeira, facilitando a transferência da cola entre as camadas que compõe o painel e uniformizando a distribuição do adesivo, que acaba facilitando facilita o carregamento. A pré-prensagem é feita com um tempo de 05 minutos, pressão manométrica de 150 – 160 bar, que gera uma pressão efetiva de 10 -11 Kgf/cm<sup>2</sup>. A figura (7) demonstra a operação de pré-prensagem.



FIGURA 7 – PRÉ-PRENSAGEM

Fonte: O Autor (2008)

### 3.3.8 Prensagem

Prensagem é o processo de fornecer temperatura e pressão ao painel de madeira visando compactar a chapa até atingir a cura do adesivo e a espessura desejada para o painel.

IWAKIRI (2005) afirma que os principais fatores que influenciam no tempo de prensagem são: Distância da superfície do painel até a linha de cola mais interna; Catalisador; Gramatura; Grau de extensão; Tempo de montagem; Pressão aplicada; Temperatura inicial da madeira; Densidade; Porosidade; Teor de umidade da madeira.

Os parâmetros registrados foram: Temperatura de 125 a 150°C, pressão efetiva de 08 a 12 Kgf/cm<sup>2</sup>. O tempo de carregamento oscila em torno de 2 minutos e meio. A prensagem é feita com 02 (duas) chapas por prato. O tempo de permanência está descrito na tabela (1).

PRODUTO	COMPOSIÇÃO	FORMAÇÃO	TEMPO MÍNIMO	COEFICIENTE
11 mm	5 CAMADAS	24,4 mm	14 min	0,57 min/mm
09 + 2 mm	6 CAMADAS	24,6 mm	15 min	0,60 min/mm
09 mm	5 CAMADAS	20,4 mm	13 min	0,64 min/mm

TABELA 1 – TEMPO DE PERMANENCIA DOS PAINÉIS NA PRENSA

**Fonte: Controle da Qualidade, Madeiras Guamiranga (2008)**

### 3.3.9 Acabamento

Após a prensagem os painéis seguem para o setor de acabamento onde são esquadrejados, serrados de acordo com o pedido do cliente, lixados e ranhurados só então estão prontos para serem embalados e expedidos. As operações de acabamento são demonstradas em ordem de ocorrência nas figuras (8), (9), (10) e (11).



FIGURA 8 – ESQUADREJAMENTO.

Fonte: o Autor (2008)



FIGURA 9 – SERRA CIRCULAR MULTIPLA.

Fonte: O Autor (2008)



FIGURA 10 – LIXADEIRAS

Fonte: O Autor



FIGURA 11 – RANHURAS

Fonte: O Autor

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 PROCEDIMENTO DE CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS:

#### 4.1.1 Classificação das lâminas:

Para realização do presente estudo primeiramente foram coletadas lâminas que apresentavam regiões em suas superfícies com incidência de rugosidades. Estas áreas eram focos de aproximadamente 45 cm de diâmetro.

Foi percebido que estes focos de reveso causavam variações na espessura das laminas. Por não dispor de um rugosímetro, aparelho destinado à medição de rugosidades em superfícies, a determinação da rugosidade nas lâminas foram realizadas com o uso de um espécímetro com precisão de 0,1 mm. Considerando a espessura ideal para o processo de 3,1 mm e baseando-se nas variações de espessura nos locais rugosos, foi criado uma classificação da rugosidade:

##### 4.1.1.1 Rugosidade Normal:

Lâminas com espessura de 3,1 mm a 3,41 mm, que correspondem a uma variação de 10% do valor padrão estão dentro do limite aceitável para o processo. Este material foi utilizado para confecção do tratamento Normal.

##### 4.1.1.2 Rugosidade Leve

Lâminas com espessura de 3,42 a 3,6 mm, variação de 10 a 16%, deram origem ao tratamento denominado Reveso Leve (RL). A figura (12) mostra lâminas com rugosidades leves.

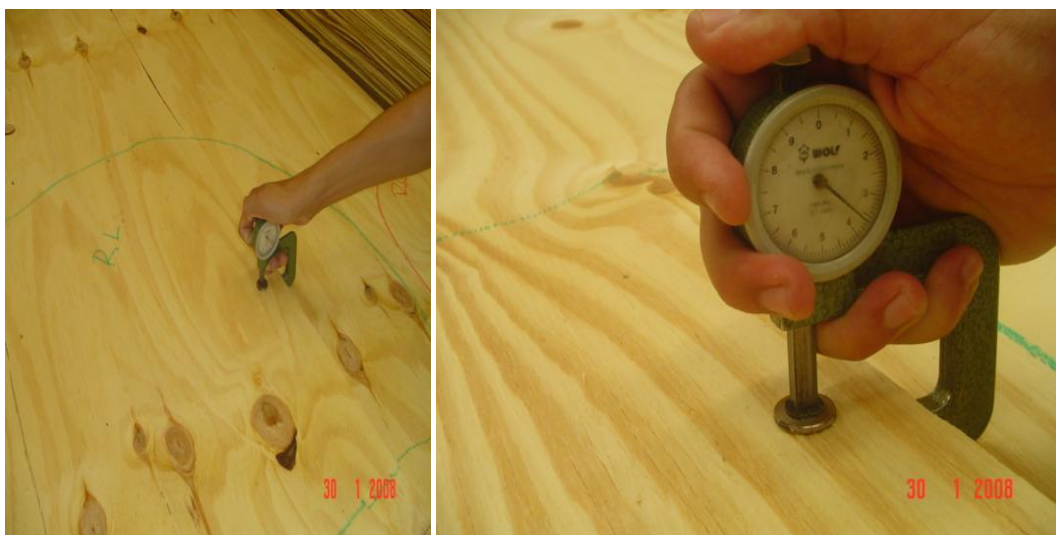


FIGURA 12 – RUGOSIDADE LEVE

Fonte: O Autor (2008)

#### 4.1.1.3 Rugosidade Grossa:

Lâminas com espessura maior que 3,60 mm, variação acima de 16%, originaram o tratamento chamado Revezos Grosso (RG). A figura (13) demonstra lâminas com rugosidades grossas.

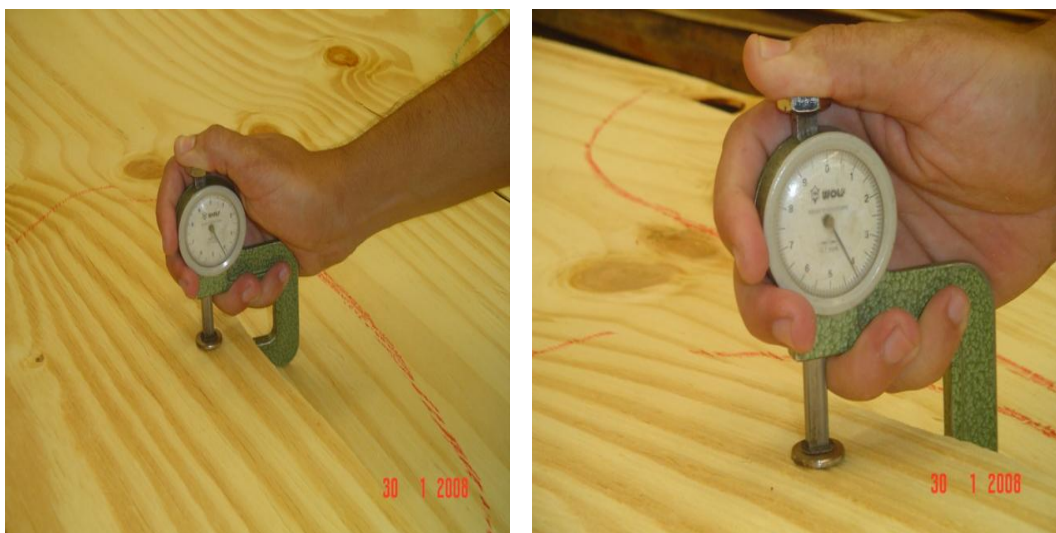


FIGURA 13 – RUGOSIDADE GROSSA

Fonte: O Autor

#### 4.1.1.4 Liso:

Foi considerado ainda para composição do 4º tratamento, painéis do tratamento RL e RG, porém nestes painéis foram identificadas regiões onde se registrou apenas a incidência de rugosidade normal, estando portanto dentro das condições normais de trabalho, tal tratamento recebeu o nome de Liso. Lâminas com tratamento liso são demonstradas na figura (14).



FIGURA 14 – TRATAMENTO LISO

Fonte: O Autor

As variações de espessura causadas pelas rugosidades estão demonstradas na tabela (2).

TRATAMENTO	ESP. MÍN.	ESP. MAX	VARIAÇÃO
Liso	3,10 mm	3,40 mm	10%
Rugosidade Leve (RL)	3,41 mm	3,6	10 a 16%
Rugosidade Grossa (RG)	3,61 mm	~	> 16%
Normal	3,10 mm	3,40 mm	10%

TABELA 2 –VARIAÇÃO DA ESPESSURA NOS TRATAMENTOS

Fonte: O Autor (2008)

#### 4.1.2 Formação dos painéis:

Para ambos os tratamentos RL, RG e Normal foram confeccionados 03 painéis compensados de *Pinus taeda* com 11 mm de espessura formado por 5 lâminas sendo o miolo seco, capa e contra-capas de 2,1 mm de espessura e os miolos cola de 3,1 mm de espessura conforme indicado na figura (15).

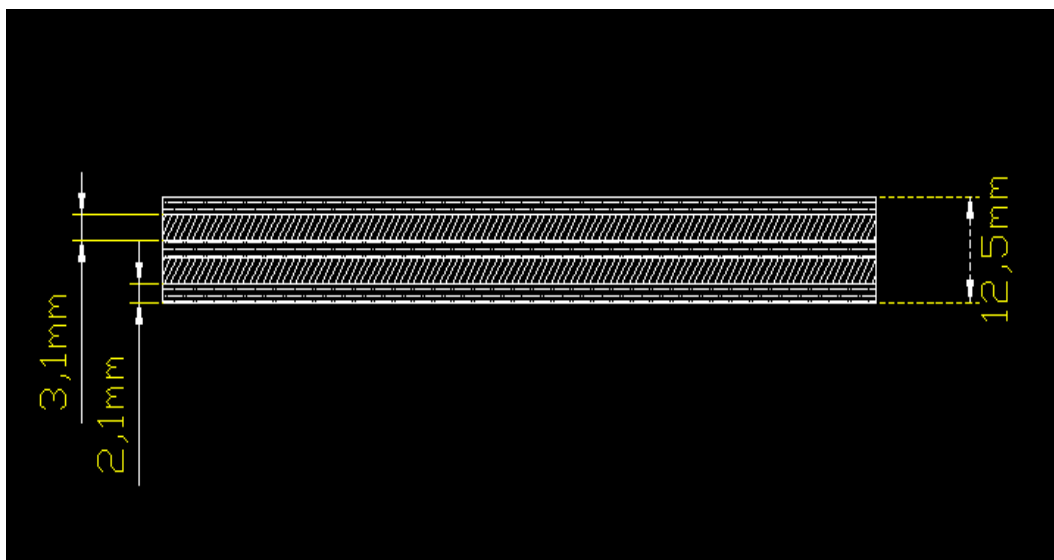


FIGURA 15 – FORMAÇÃO DOS PAINÉIS

Fonte: O Autor (2008)

Como não foram encontradas laminas com incidência de rugosidades em toda sua área superficial, para confecção dos painéis compensados foi criada forçadamente uma situação em que o local das rugosidades das lâminas de miolo cola e miolo seco coincidiam e se sobrepunham conforme demonstram as figuras (16), (17) e (18).



FIGURA 16 – PAINEL COMPOSTO POR LÂMINAS COM RUGOSIDADE LEVE.

**Fonte: O Autor (2008)**



FIGURA 17 – PAINEL COMPOSTO POR LÂMINAS COM RUGOSIDADE GROSSA.

**Fonte: O Autor (2008)**



FIGURA 18 – AREA DO PAINEL COM TRATAMENTO LISO

Fonte: O Autor (2008)

#### 4.1.2.1 Características do Processo:

Para a confecção dos painéis de todos os tratamentos, garantiu-se que todas as variáveis do processo foram mantidas constantes. As variáveis e seus respectivos valores estão descritos na tabela (3), (4), (5), (6) e (7).

CARACTERÍSTICAS DA RESINA FENÓLICA				
PARÂMETROS	VALOR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	UNDIDADE
Viscosidade	500	400	800	cPs
pH à 25°C	12,1	11,5	13,0	nada
Gel Time (121°C)	8	6	9	minutos
Soda Livre	7,9	7,8	8,1	%
Densidade à 25°C	1,2242	1,2180	1,2330	g/cm <sup>3</sup>
Teor de Sólidos	49,8	49,0	51,0	%

TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DA RESINA FENÓLICA

Fonte: Controle de Qualidade, Madeiras Guamiranga (2008)

<b>CARACTERÍSTICAS DA COLA</b>				
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR</b>	<b>LIMITE INFERIOR</b>	<b>LIMITE SUPERIOR</b>	<b>UNDIDADE</b>
Teor de sólidos	39	35	40	%
Viscosidade na Batedeira	55	55	65	segundos (copo ford 8 mm)
Quantidade de cola no reservatório	1200	1200	1400	litros

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS DA COLA

**Fonte: Controle de Qualidade, Madeiras Guamiranga (2008)**

<b>CARACTERÍSTICAS DAS LÂMINAS</b>				
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR</b>	<b>LIMITE INFERIOR</b>	<b>LIMITE SUPERIOR</b>	<b>UNDIDADE</b>
Temperatura	27	~	35	°C
Umidade (capa/contracapa)	7,2	5,0	8,0	%
Umidade (miolo)	5,4	5,0	8,0	%
Gramatura	360,0	320,0	400,0	g/cm <sup>2</sup>

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DAS LÂMINAS

**Fonte: Controle de Qualidade, Madeiras Guamiranga (2008)**

<b>CARACTERÍSTICAS DA ASSEMBLAGEM</b>		
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADE</b>
Tempo de Montagem	<b>25 +/- 02</b>	minutos
Tempo de pré-prensagem	<b>5</b>	minutos
Assemblagem fechada	<b>40 +/- 5</b>	minutos

TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS DA ASSEMBLAGEM

**Fonte: Controle de Qualidade, Madeiras Guamiranga (2008)**

CARACTERÍSTICAS DA PRENSAGEM				
PARÂMETROS	VALOR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	UNDIDADE
Temperatura	140	140	160	°C
Tempo de prensagem	14,0	12,0	16,0	minutos
Pressão efetiva	8,0	8,0	12,0	Kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão efetiva	115,0	100,0	150,0	bar

TABELA 7 – CARACTERISTICAS DA PRENSAGEM

Fonte: Controle de Qualidade, Madeiras Guamiranga (2008)

#### 4.1.3 Confeção dos corpos de prova:

De acordo com os regulamentos da norma EN 314-2: 1993 foram selecionados 10 corpos de prova de cada painel em ambos os tratamentos.

A quantidade de corpos de prova utilizada em cada tratamento esta demonstrada na tabela (8).

TRATAMENTO	Nº DE PAINÉIS	PRÉ-ENSAIOS	CORPOS DE PROVA POR PAINEL	TOTAL DE CORPOS DE PROVA
LISO	3	2	30	60
LEVE	3	2	30	60
GROSSO	3	2	30	60
NORMAL	3	2	30	60
			<b>TOTAL</b>	<b>240</b>

TABELA 8 – QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA.

Fonte: O Autor (2008)

Os corpos de prova foram cortados de acordo com os requisitos da norma europeia EN 314-1: 1993, de modo que apresentassem 100 mm de comprimento e que a área de teste fosse de 25mm<sup>2</sup>, aproximadamente 1 polegada quadrada.

Antes do tratamento com água, foram medidos e registrados o comprimento e a largura da área de teste dos corpos de prova com uma precisão de 0,1mm. Estas medidas estão demonstradas na figura (19).

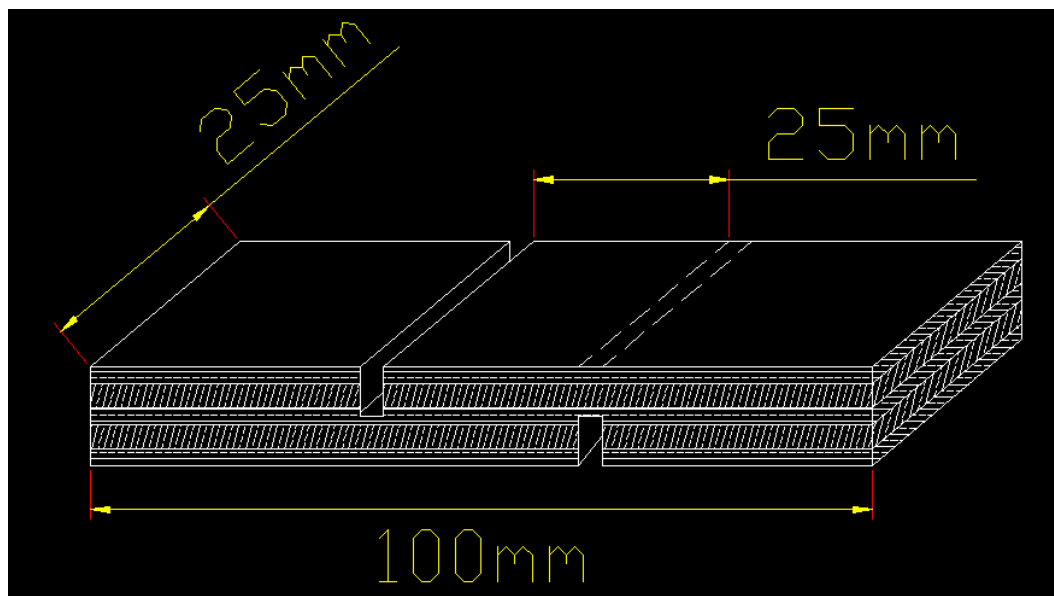


FIGURA 19 – DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA.

Fonte: O Autor

Com o intuito de testar apenas uma das linhas de cola dos corpos de prova, foram feitas ranhuras, perpendiculares a direção do comprimento, que atingissem de 1/5 a 1/3 da espessura da lâmina a qual se pretende testar conforme exemplo da figura (20):



FIGURA 20 – CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

**Fonte: O Autor**

Depois de confeccionados, os corpos de prova foram enviados para o laboratório do departamento técnico da empresa Hexion Química Ltda. para realização dos pré-ensaios e ensaios de tração.

#### 4.2 PRÉ-ENSAIOS:

Os testes foram realizados obedecendo à norma europeia EN 314-2: 1993 que regulamenta os ensaios de cisalhamento na linha de cola de compensados.

O painel produzido pela Guamiranga pertence à classe 2: Exposição à umidade. Para esta classe a norma exige dois tipos de pré-ensaios: Imersão em água fria e imersão em água fervente por 6 horas seguido de resfriamento em água fria, porém visando maior garantia nos resultados foram feito os seguintes pré-ensaios:

1 – Imersão por 24 horas em água fria ( $20\pm 3$ )°C

2 – Imersão por 4 horas em água em ebulição, depois seco em estufa ventilada por 20 horas a ( $60\pm 3$ )°C, mais 4 horas de imersão em água fervente seguido de resfriamento em água a ( $20\pm 3$ )°C por 1 hora para reduzir a temperatura dos

corpos de prova para 20°C. (pré-ensaio realizado em painéis da classe 3: Uso exterior).

A figura (21) demonstra as amostras imersas em água fervente.



FIGURA 21 – AMOSTRAS IMERSAS EM ÁGUA FERVENTE

**Fonte: O Autor (2008)**

#### 4.3 ENSAIOS:

Todo excesso de umidade nas superfícies dos corpos de prova foi removido antes do início dos testes.

As peças de ensaio foram posicionadas no centro das garras da máquina universal de testes de tração de modo que a carga fosse transmitida para área de corte sem nenhuma força transversal, visando que pequenos escorregamentos ocorressem apenas na fase inicial do tensionamento.

A carga foi aplicada a uma velocidade constante de 15 mm/min de modo que o rompimento ocorresse em  $(30 \pm 10)$  segundos (EN 314-1: 1993).

Os corpos de prova sendo tracionados são demonstrados na figura (22).

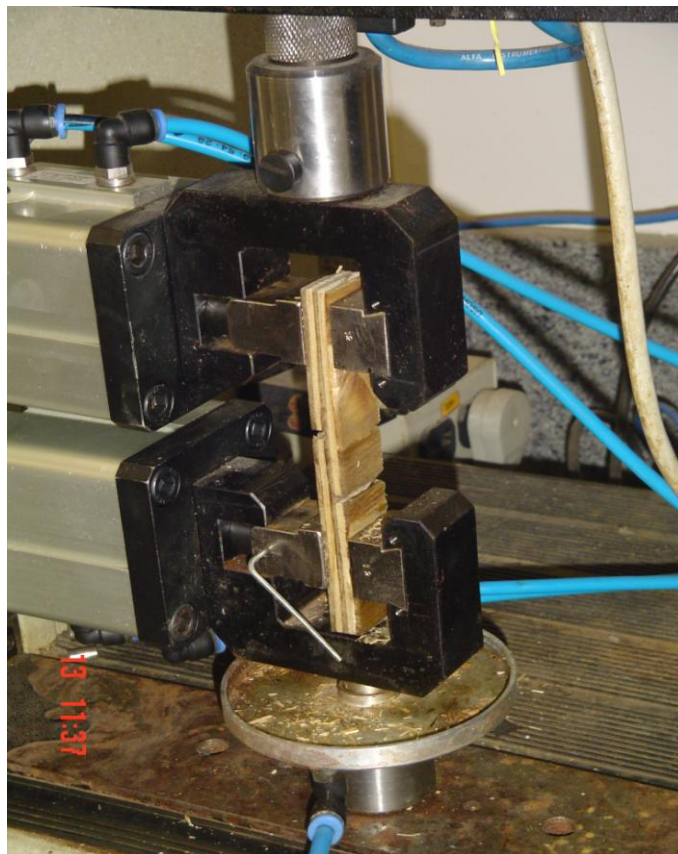


FIGURA 22 - CORPO DE PROVA SENDO TRACIONADO.

Fonte: O Autor (2008)

A força limite foi determinada com precisão de 1N. A Tensão de Corte  $T_c$  de cada corpo de prova é calculada segundo a norma EN 314-1: 1993 pela seguinte fórmula:

$$T_c = \frac{F}{c \times L}$$

Onde:

$T_c$  = Tensão de Corte (Kgf/cm<sup>2</sup>)

$F$  = Tensão limite aplicada pela maquina de tração (Kgf)

$c$  = comprimento da área de corte (cm)

$L$  = largura da área de corte (cm)



FIGURA 23 – CORPO DE PROVA APÓS TRAÇÃO.

**Fonte: O Autor (2008)**

Depois de efetuado o teste de tração foi realizada a secagem dos corpos de prova em estufa ventilada por 1 hora a  $(60\pm 3)^{\circ}\text{C}$  a fim de garantir uma leitura da porcentagem de fibras coladas mais precisa. Tal leitura foi efetuada seguindo os parâmetros do índice 6.2 da norma europeia.

## 5 RESULTADOS E DISCUSÕES

A avaliação dos resultados obtidos foi realizada com base nos desígnios da norma europeia BS EN 314 – 2: 1993. De acordo com esta norma os valores de tensão de corte na linha de colagem e os valores percentuais de fibras persistentes na madeira devem atender os requisitos de colagem descritos na tabela (9):

TABELA 9 – CRITÉRIO PARA O CUMPRIMENTO DOS REQUISITOS DE COLAGEM DE PAINÉIS MULTILAMINADOS

TENSÃO (Kgf/cm <sup>2</sup> )	FIBRAS (%)
>2,04<=4,08	>=80
>4,08<=6,12	>=60
>6,12<=10,2	>=40
>10,2	NÃO REQUER

**Fonte: BS EN 314 – 1: 1993**

As tabelas (10) e (11) em anexo mostram os resultados individuais obtidos para os tratamentos Liso, Leve e Grosso.

Como foi demonstrado nas tabelas (10) e (11), a colagem dos painéis em ambos os tratamentos “Liso”, “Leve” e “Grosso” estão dentro do padrão estabelecido pela norma europeia.

Quando comparados com os valores médios obtidos para o tratamento “Normal”, foi percebido que a rugosidade das lâminas ocasionou uma redução significativa tanto no valor da Tensão de cisalhamento máxima suportada como no índice de fibras coladas nos painéis.

Segundo FONDRONNIER, J e GUILLERM, J (1979) isto se explica devido ao fato da rugosidade reduzir consideravelmente a superfície de contato entre as lâminas, produzindo uma colagem medíocre. Na tabela (10) estes resultados são representados.

TABELA 10 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E PERCENTUAL DE FIBRAS EM TODOS OS TRATAMENTOS.

MÉDIA	LISO		LEVE		GROSSO		NORMAL	
	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)
<b>24H DE AGUA FRIA</b>	11,38	57,17	12,93	52	11,43	56,17	16,99	95
<b>FERVURA</b>	14,10	58,50	12,66	49,83	11,92	49,33	16,44	84
<b>RESULTADO</b>	APROVADO		APROVADO		APROVADO		APROVADO	

Analisando sucintamente foi percebido também que esta redução não foi encontrada apenas nos locais de incidência das rugosidades (“Leve”, “Grosso”) como também nas demais regiões dos painéis (“Liso”).

Este acontecimento pode ser explicado pela carência de pressão nas localidades não rugosas, tendo em vista que as rugosidades acarretam uma defasagem na calibração da espessura do compensado, ou seja, as áreas onde não se encontram rugosidade, por apresentarem menor espessura, recebem menor pressão que as áreas com presença de rugosidade.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Embasado nos testes e avaliações realizadas neste trabalho são apresentadas as seguintes conclusões:

- A rugosidade das lâminas interfere negativamente na resistência ao cisalhamento na linha de colagem dos painéis compensados fenólicos de pinus. Quanto maior a variação da espessura causada pela rugosidade, menor é a resistência ao cisalhamento.
- A resistência ao cisalhamento sofre forte decréscimo nas regiões dos painéis onde se detectou presença de rugosidade.
- Mesmo em regiões dos painéis onde não há rugosidade a resistência ao cisalhamento é diminuída.

Com base em tais conclusões, recomenda-se:

- Aquisição de um rugosímetro para um monitoramento mais rigoroso da incidência de rugosidades.
- Aumentar o tempo de cozimento de toras e monitorar a temperatura do vapor de cozimento.
- Intensificar o controle sobre as regulagens do torno assim como o tempo de troca de facas.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, A. – **Processo de produção de compensados**. Ambiental Engenharia e Consultoria. Curitiba: 2007

BRAND, M A; KLOCK U; UMNIZ G I B DE; SILVA D A da – Avaliação do processo produtivo de uma indústria de manufatura de painéis por meio de balanço material e do rendimento da matéria-prima. **Revista Árvore** vol. 28 – nº4. Viçosa Julho / Agosto /2004.

EN 314-1: 1993 Plywood – Bonding Quality Part 1: Test methods. **European Standard**, Brussels 1993.

EN 314-2: 1993 Plywood - Bonding Quality Part 2: Requirements. **European Standard**, Brussels 1993.

FONDRONNIER, J. e GUILLERM, J. **Tecnologia de Laminação de Madeiras**. Curitiba: 1996.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. **Instrução de trabalho 001 – Cozimento de Toras**. Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. **Instrução de trabalho 002 - Laminação**. Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 003 – Secagem**. Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 004 – Seleção / Classificação de lâminas**. Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 005 – Recebimento de resina**. Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 006 – Recebimento de extensor.** Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 007 – Preparação da cola.** Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 008 – Aplicação da Cola.** Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 009 – Montagem de fardos.** Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 010 – Pré-prensagem.** Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 011 - Assemblagem.** Telêmaco Borba: 2008

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 012 - Prensagem.** Telêmaco Borba: 2008.

CONTROLE DA QUALIDADE, MADEIRAS GUAMIRANGA. . **Instrução de trabalho 013 – Armazenagem da cola.** Telêmaco Borba: 2008.

INSTITUTO HORUS. Disponível em:

<[http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/pinus\\_taeda.htm](http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/pinus_taeda.htm). Acesso em FEV/2008

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005

PRATA, J. G. **Desempenho de um sistema de qualidade em uma fábrica de painéis compensados.** Curitiba. 2006 Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

## **ANEXO 1**

ANÁLISE DOS RESULTADOS DE APROVAÇÃO REFERENTES  
AOS PRÉ-ENSAIOS DE IMERSÃO EM AGUA FRIA E ÁGUA FERVENTE.

TABELA 10 – RESULTADO DE APROVAÇÃO REFERENTE AO PRÉ-ENSAIO  
DE IMERSÃO POR 24h EM ÁGUA FRIA.

TRATAMENTO	LISO		LEVE		GROSSO	
CORPO DE PROVA	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)	TENSÃO (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fibras (%)
01	6,25	0	12,11	65	11,96	90
02	11,76	70	15,44	90	14,55	80
03	4,16	25	15,06	95	14,55	80
04	9,82	10	18,8	100	6,75	0
05	11,04	90	10,86	95	14,29	100
06	13,84	100	6,13	30	14,32	100
07	6,03	50	20,43	100	11,98	40
08	10,54	100	9,22	50	4,52	30
09	14,88	100	15,43	95	10,9	50
10	4,35	20	17,2	100	3,22	0
11	17,07	100	8,17	55	9,79	30
12	18,95	100	8,39	70	8,74	5
13	2,08	0	18,96	85	11,13	90
14	11,45	80	15,56	5	14,12	100
15	11,71	95	14,05	90	8,5	20
16	9,43	75	8,37	5	14,73	70
17	8,08	20	15,31	70	8,02	40
18	16,43	80	14,6	20	10,71	35
19	16,67	85	15,03	85	10,84	30
20	6,74	30	9,99	0	4,51	0
21	18,89	90	11,53	35	17,53	80
22	5,65	20	14,43	50	20,37	100
23	13,79	60	12,78	20	8,44	70
24	10,18	50	8,91	0	10,61	75
25	8,59	45	13,75	30	12,69	80
26	20,26	100	9,28	0	11,71	60
27	9,72	30	7,64	0	14,78	100
28	14,54	50	14,96	50	10,58	40
29	16,4	20	9,56	30	12,3	35
30	12,02	20	15,86	40	15,86	55
<b>MÉDIA</b>	<b>11,38</b>	<b>57,17</b>	<b>12,93</b>	<b>52,00</b>	<b>11,43</b>	<b>56,17</b>
<b>Nº DE CORPOS DE PROVA</b>	30	30	30	30	30	30
<b>DESVIO PADRÃO</b>	4,79	34,93	3,75	35,97	3,86	33,26
<b>MÍNIMO</b>	2,08	0	6,13	0	3,22	0
<b>MÁXIMO</b>	20,26	100	20,43	100	20,37	100

TABELA 11 – RESULTADO DE APROVAÇÃO REFERENTE AO PRÉ-ENSAIO DE IMERSÃO EM ÁGUA FERVENTE.

TRATAMENTO	LISO		LEVE		GROSSO	
CORPO DE PROVA	kgf/pol <sup>2</sup>	fibras (%)	kgf/pol <sup>2</sup>	fibras (%)	kgf/pol <sup>2</sup>	fibras (%)
01	22,41	40	10,41	75	14,6	70
02	16,77	80	10,46	80	16,56	85
03	17,12	0	11,18	95	15,73	75
04	18,17	100	4,79	50	9,44	15
05	19,59	90	8,08	30	11,06	60
06	18,93	50	9,92	95	15,23	45
07	17,72	40	13,1	15	4,46	0
08	20,71	20	7,93	60	14,58	30
09	7,86	0	14,47	65	8,65	0
10	13,93	60	18,73	50	9,09	70
11	8,9	75	8,1	40	13,71	50
12	17,13	100	10,53	55	16,18	60
13	9,24	90	16,79	35	12,73	45
14	8,32	0	8,98	70	16,65	50
15	9,78	40	10,82	45	11,85	80
16	19,69	90	11,02	40	13,18	45
17	15,47	50	12,92	40	12,61	50
18	21,11	100	12,111	65	12,61	55
19	13,91	50	11,6	50	8,62	0
20	15,33	30	9,81	20	12,8	20
21	14,47	75	12,18	45	10,97	90
22	12,22	20	9,66	50	12,14	100
23	8,59	75	12,1	40	9,87	40
24	19,58	50	18,36	40	11,63	65
25	7,52	0	17,14	30	12,83	45
26	15,45	100	16,45	0	10,35	30
27	9,78	85	13,91	0	10,44	75
28	7,92	80	20,57	80	10,58	45
29	6,92	75	21,48	65	12,3	40
30	8,32	90	16,32	70	6,23	45
<b>MÉDIA</b>	<b>14,10</b>	<b>58,50</b>	<b>12,66</b>	<b>49,83</b>	<b>11,92</b>	<b>49,33</b>
<b>Nº DE CORPOS DE PROVA</b>	30	30	30	30	30	30
<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>4,91</b>	<b>33,40</b>	<b>4,02</b>	<b>24,05</b>	<b>2,91</b>	<b>25,92</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>6,92</b>	<b>0</b>	<b>4,79</b>	<b>0</b>	<b>4,46</b>	<b>0</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>22,41</b>	<b>100</b>	<b>21,48</b>	<b>95</b>	<b>16,65</b>	<b>100</b>

**ANEXO 2**

GRÁFICOS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E PORCENTAGEM DE FIBRAS PARA OS TRATAMENTOS DE IMERSÃO POR 24 HORAS EM ÁGUA FRIA E CICLO DE FERVURA.

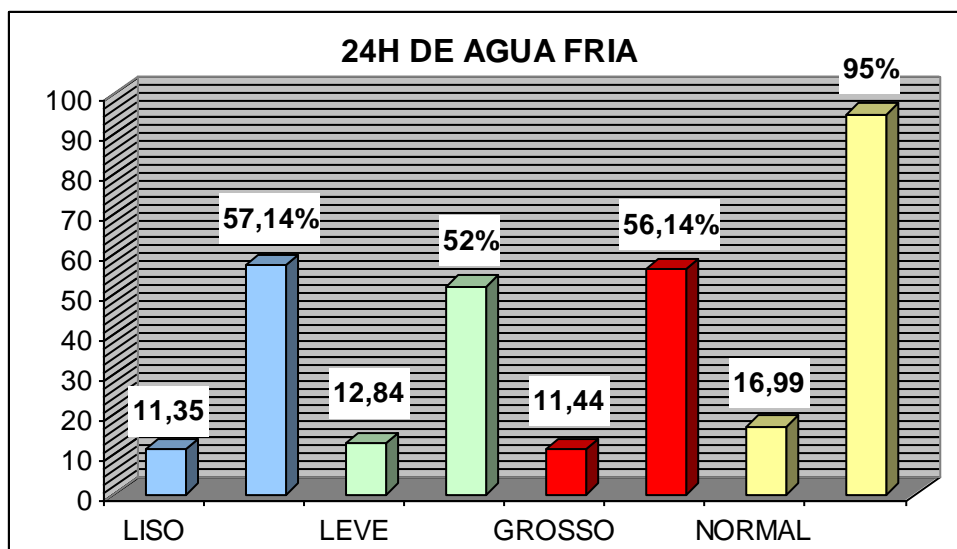


GRÁFICO 1 – RESULTADO DE TENSÃO DE CISALHAMENTO (kgf/cm<sup>2</sup>) E TEOR DE FIBRAS PARA O PRÉ-ENSAIO DE IMERSÃO POR 24 HORAS EM ÁGUA FRIA.

Fonte: O Autor

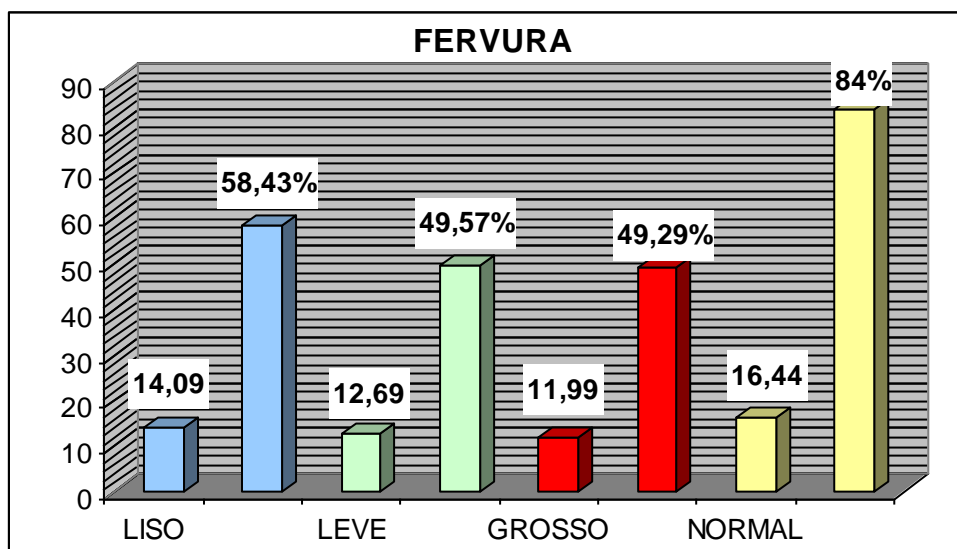


GRÁFICO 2 – RESULTADO DE TENSÃO DE CISALHAMENTO (kgf/cm<sup>2</sup>) E TEOR DE FIBRAS PARA O PRÉ-ENSAIO DE IMERSÃO EM CICLO DE FERVURA.

Fonte: O Autor