

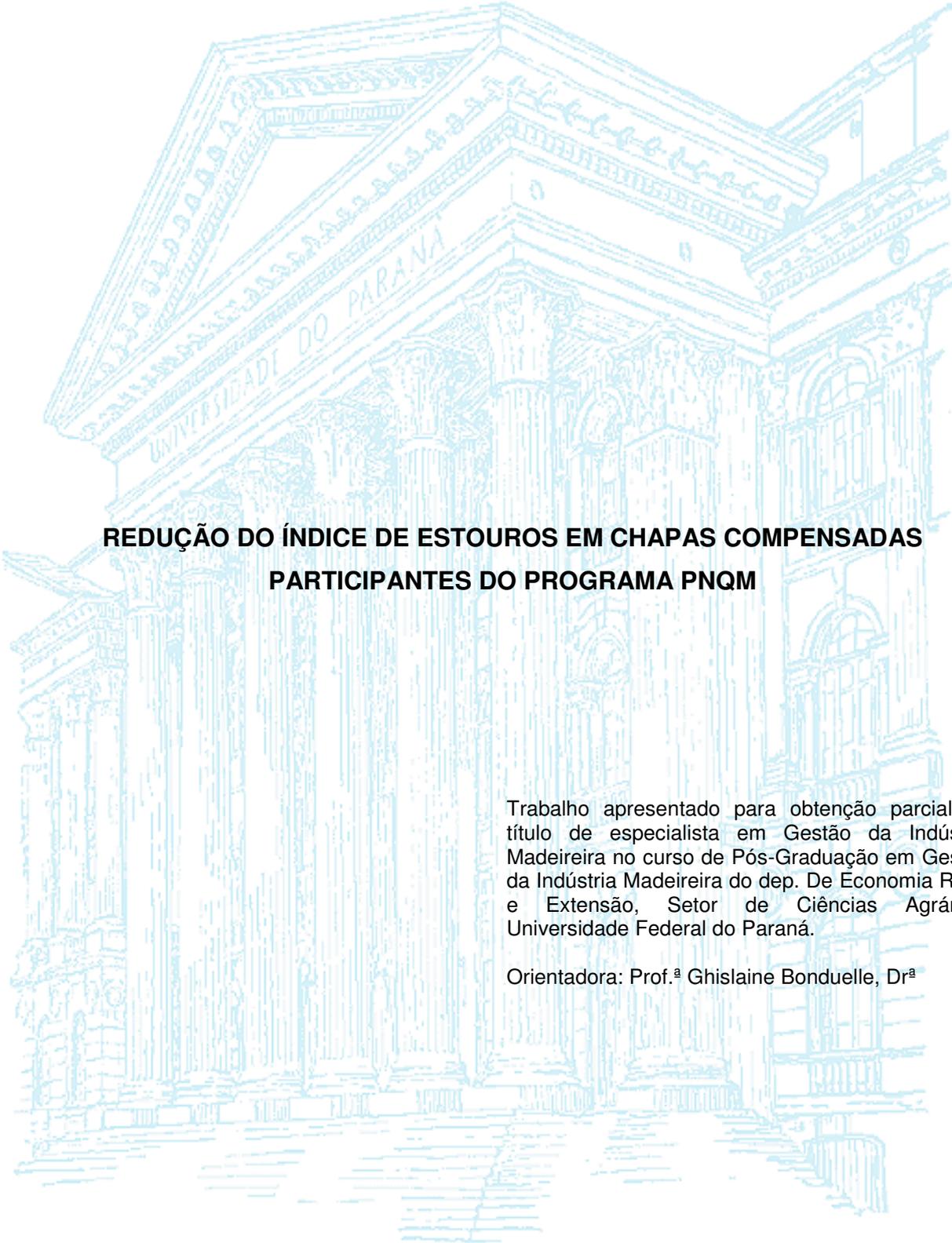
ANDERSON REICHARDT

**REDUÇÃO DO ÍNDICE DE ESTOUROS EM CHAPAS COMPENSADAS
PARTICIPANTES DO PROGRAMA PNQM**

CURITIBA

2013

ANDERSON REICHARDT



**REDUÇÃO DO ÍNDICE DE ESTOUROS EM CHAPAS COMPENSADAS
PARTICIPANTES DO PROGRAMA PNQM**

Trabalho apresentado para obtenção parcial do título de especialista em Gestão da Indústria Madeireira no curso de Pós-Graduação em Gestão da Indústria Madeireira do dep. De Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Ghislaine Bonduelle, Dr^a

CURITIBA

2013

**REDUÇÃO DO ÍNDICE DE ESTOUROS EM CHAPAS COMPENSADAS
PARTICIPANTES DO PROGRAMA PNQM**

Trabalho apresentado para obtenção parcial do título de especialista em Gestão da Indústria Madeireira no curso de Pós-Graduação em Gestão da Indústria Madeireira do dep. De Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Ghislaine Bonduelle, Dr^a

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Júlio Arce
Doutor, UFPR

Prof. Romano Timofeiczuk Junior
Doutor, UFPR

CURITIBA
2013

Dedico este trabalho aos meus filhos, João Victor e Gabriela, e a minha esposa Sonia, sem os quais minha vida não teria o menor sentido.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Sonia por acreditar em mim mais do que eu mesmo e pelo seu constante apoio e incentivo.

A Prof.^a Ghislaine Bonduelle, Dr^a pela oportunidade concedida e pelas orientações prestadas.

Ao Sr. Walter Reichert pela autorização de utilizar as informações dos testes feitos na empresa, bem como pelos materiais de pesquisa cedidos.

Ao Sr. Luiz Francisco A. Calomeno pelos conselhos prestados sobre a etapa de colagem do compensado, sem os quais este trabalho não existiria.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.” (Albert Einstein)

RESUMO

O estouro de chapas é um defeito recorrente na produção do compensado, ocorre devido à formação de bolsas de vapor dentro das chapas durante o processo de prensagem. Este estudo buscou alternativas para os parâmetros utilizados durante o processo de colagem e prensagem do compensado, visando uma redução deste problema. A empresa onde a pesquisa foi executada participa do Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM), no qual existem parâmetros definidos para todas as etapas do processo de produção, desta forma não se pode simplesmente alterar os mesmos sem que antes se prove que a qualidade do produto não foi afetada. Para comprovar o atendimento as normas de qualidade da colagem "BS EN 314-2:1993 Madeira compensada – Qualidade da Colagem – Parte 2: Requisitos" e "NBR ISO 12466-2:2006 Madeira compensada – Qualidade de colagem – Parte 2: Requisitos" foram apresentados os resultados dos testes de cisalhamento feitos em painéis colados com a gramatura reduzida e um menor tempo de prensagem. Durante os testes foi avaliado também a influencia da temperatura ambiente na prensagem dos painéis. Com base nos resultados obtidos foi feita uma análise dos novos índices de estouro, definindo a adoção dos parâmetros propostos.

Palavras-chave: Compensado, estouro de chapas, gramatura, temperatura de prensagem, qualidade da colagem.

ABSTRACT

The blow up of panels is a recurrent defect in the plywood production, this occurs due the formation of vapor pockets within the plates during the pressing process. This study sought alternatives to the parameters used during the process of gluing and pressing of plywood in order to reduce this problem. The company where the research was performed participates of the National Program of Quality Wood (PNQM), in which parameters are defined for all stages of the production process, so you cannot just change them without first proving that the product quality was not affected. To prove compliance with the quality standards of collage "BS EN 314-2:1993 Plywood - Bonding quality - Part 2: Requirements" and "NBR ISO 12466-2 Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements" were presented the results of the tests made in shear panels bonded with the reduced gramature and a lower pressing time. During the tests was also evaluated the influence of temperature on pressing of the panels. Based on the results we made an analysis of the new index overflow, defining the adoption of the proposed parameters.

Keywords: Plywood, blow up of panels, gramature, pressing temperature, bonding quality.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| FIGURA 01: | EXEMPLO DE CONSTRUÇÃO DO COMPENSADO..... | 13 |
| FIGURA 02: | CHAPAS DE COMPENSADO DE PINUS..... | 14 |
| FIGURA 03: | CHAPA DE COMPENSADO ANTI-DERRAPANTE..... | 15 |
| FIGURA 04: | CHAPA DE COMPENSADO PLASTIFICADO..... | 15 |
| FIGURA 05: | BATEDEIRA DE COLA..... | 19 |
| FIGURA 06: | COPO FORD..... | 19 |
| FIGURA 07: | PASSADEIRA DE COLA..... | 20 |
| FIGURA 08: | PRÉ-PRENSA..... | 21 |
| FIGURA 09: | PRENSAS..... | 22 |
| FIGURA 10: | TERMOPAR..... | 24 |
| FIGURA 11: | EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO LABORATÓRIO..... | 26 |
| FIGURA 12: | DIMENSÕES E FORMATOS DO CORPO DE PROVA..... | 28 |
| FIGURA 13: | EXEMPLO DE GRÁFICO DE SEGMENTOS..... | 33 |
| FIGURA 14: | EXEMPLO DE GRÁFICO DE BARRAS..... | 33 |
| FIGURA 15: | MONTAGEM DA CHAPA DE COMPENSADO COM 18 MM 11 LÂMINAS..... | 35 |
| FIGURA 16: | QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA..... | 38 |
| FIGURA 17: | QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 38 |
| FIGURA 18: | QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO A GRAMATURA REDUZIDA – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA..... | 39 |
| FIGURA 19: | QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO A GRAMATURA REDUZIDA – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 39 |
| FIGURA 20: | TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L..... | 42 |
| FIGURA 21: | QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO TEMPO MENOR DE PRENSAGEM E GRAMATURA REDUZIDA PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA..... | 43 |
| FIGURA 22: | QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO TEMPO MENOR DE PRENSAGEM E GRAMATURA REDUZIDA - PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 43 |
| FIGURA 23: | COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO - PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA..... | 44 |
| FIGURA 24: | COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO - PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 45 |
| FIGURA 25: | COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE O 18 MM 11L E O 18 MM 9L – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA..... | 46 |
| FIGURA 26: | COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE O 18 MM 11L O 18 MM 9L – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 46 |
| FIGURA 27: | NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO DO 18 MM 11L COM OS PARÂMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA..... | 49 |
| FIGURA 28: | NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO DO 18 MM 11L COM OS PARÂMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 50 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 29: MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L (TEMPERATURA AMBIENTE ABAIXO DE 10° C)..... | 51 |
| FIGURA 30: MEDIÇÃO DA TEMPERATURA NO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L (COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TEMPERATURAS AMBIENTE)..... | 52 |
| FIGURA 31: MÉDIA DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DAS DEMAIS MONTAGENS COM PARAMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO EM ÁGUA FRIA..... | 54 |
| FIGURA 32: MÉDIA DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DAS DEMAIS MONTAGENS COM PARAMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA..... | 54 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 01: RELAÇÃO DAS NORMAS EUROPEIAS EN..... | 17 |
| QUADRO 02: RELAÇÃO DAS NORMAS BRASILEIRA ABNT..... | 17 |
| QUADRO 03: FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA GRAMATURA..... | 20 |
| QUADRO 04: VALORES ESTABELECIDOS PELO PNQM PARA A GRAMATURA..... | 21 |
| QUADRO 05: PARÂMETROS PARA Prensagem..... | 21 |
| QUADRO 06: TEOR DE UMIDADE DA LÂMINA NO MOMENTO DA COLAGEM..... | 22 |
| QUADRO 07: CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO PARA QUALIDADE DA COLAGEM DO PAINEL DE COMPENSADO..... | 31 |
| QUADRO 08: QUANTIDADE DE COLA POR M ³ | 34 |
| QUADRO 09: TEMPO DE Prensagem PARA O PAINEL DE 18 MM..... | 36 |
| QUADRO 10: PARÂMETROS ATUAIS X PARÂMETROS PROPOSTOS..... | 36 |
| QUADRO 11: ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS DE 18 MM 11 CAMADAS COM CONDIÇÕES NORMAIS DE COLAGEM E Prensagem..... | 37 |
| QUADRO 12: MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DOS PRATOS DAS Prensas..... | 40 |
| QUADRO 13: MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L..... | 41 |
| QUADRO 14: COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE OS DIFERENTES TIPOS DE COLAGEM TESTADOS..... | 47 |
| QUADRO 15: ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS DE 18 MM 11 CAMADAS COLADAS COM OS PARÂMETROS PROPOSTOS..... | 48 |
| QUADRO 16: ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS – PARÂMETROS ANTIGOS X PARÂMETROS PROPOSTOS..... | 49 |
| QUADRO 17: MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L (TEMPERATURA AMBIENTE ABAIXO DE 10° C)..... | 51 |
| QUADRO 18: ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS DE 18 MM 11 CAMADAS COM A GRAMATURA REDUZIDA E TEMPO DE Prensagem NORMAL..... | 53 |
| QUADRO 19: ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS – PARÂMETROS ANTIGOS X GRAMATURA REDUZIDA E TEMPO DE Prensagem NORMAL..... | 53 |
| QUADRO 20: NOVOS TEMPOS DE Prensagem..... | 53 |
| QUADRO 21: RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO NOS PAINÉIS COM 18 MM 11 CAMADAS UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM PARA A COLAGEM..... | 59 |
| QUADRO 22: RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO NOS PAINÉIS DE 18 MM COM 11 CAMADAS UTILIZANDO A GRAMATURA REDUZIDA..... | 59 |
| QUADRO 23: RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO NOS PAINÉIS COM 18 MM 11 CAMADAS UTILIZANDO MENOR TEMPO DE Prensagem E GRAMATURA REDUZIDA..... | 60 |
| QUADRO 24: COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE OS DIFERENTES PARÂMETROS UTILIZADOS..... | 60 |
| QUADRO 25: COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO 18 MM 11L COM PARÂMETROS ALTERADOS X 18 MM 9L COM PARÂMETROS PNQM..... | 61 |
| QUADRO 26: NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO DO 18 MM 11L COM OS PARÂMETROS ALTERADOS..... | 61 |
| QUADRO 27: MÉDIA DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DAS DEMAIS MONTAGENS COM PARAMETROS ALTERADOS..... | 62 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| RESUMO | v |
| LISTA DE FIGURAS | vi |
| LISTA DE QUADROS | viii |
| | |
| 1. DIAGNÓSTICO | 11 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL..... | 11 |
| 1.1.1 Objetivos Específicos..... | 11 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1 COMPENSADO..... | 13 |
| 2.2 CERTIFICAÇÕES..... | 16 |
| 2.2.1 – PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira..... | 16 |
| 2.2.2 CE Marking..... | 17 |
| 2.3 COLAGEM DO COMPENSADO..... | 18 |
| 2.4 CATALISAÇÃO DA RESINA FENÓLICA..... | 23 |
| 2.4.1 Medições de Temperatura..... | 23 |
| 2.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE COLAGEM DO COMPENSADO..... | 24 |
| 2.5.1 Parâmetros a Serem Verificados..... | 24 |
| 2.5.2 Equipamentos..... | 25 |
| 2.5.3 Amostragem..... | 27 |
| 2.5.4 Método de Ensaio..... | 28 |
| 2.5.5 Critérios de Aceitação..... | 31 |
| 2.6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES..... | 31 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 34 |
| 3.1 PESQUISA DE CAMPO E DOCUMENTAL..... | 34 |
| 3.2 MÉTODOS..... | 34 |
| 4. RESULTADOS | 37 |
| 4.1 HISTÓRICO DOS ÍNDICES DE ESTOURO..... | 37 |
| 4.2 HISTÓRICO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM PARA A COLAGEM..... | 37 |
| 4.3 TESTES DE CIZALHAMENTO UTILIZANDO A GRAMATURA ALTERADA | 38 |
| 4.4 TESTES DE TEMPERATURA..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.1 Medição da Temperatura dos Pratos das Prensas..... | 40 |
| 4.4.2 Medição de Temperatura no Centro das Chapas..... | 41 |
| 4.5 TESTES DE CIZALHAMENTO COM TEMPO MENOR DE PRENSAGEM.. | 42 |
| 4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO | 44 |
| 4.7 LEVANTAMENTO DOS ÍNDICES DE ESTOURO APÓS AS ALTERAÇÕES PROPOSTAS..... | 48 |
| 4.8 NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO..... | 49 |
| 4.9 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NA CATALIZAÇÃO DA RESINA..... | 50 |
| 4.10 NOVOS PARÂMETROS APLICADOS NAS DEMAIS MONTAGENS..... | 53 |
| 4.11 CONCLUSÃO..... | 55 |
| 5. REFERÊNCIAS..... | 56 |
| APÊNDICE..... | 59 |

1. DIAGNÓSTICO

Alguns anos atrás houve um marco na produção de compensado no Brasil, a criação e implantação de um sistema de qualidade para estas indústrias, o PNQC – Programa Nacional de Qualidade do Compensado, hoje denominado PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira. Este sistema trouxe para a indústria de compensado algo muito importante, a padronização dos processos, dando condições de serem atingidos patamares de qualidade aceitos no mundo todo.

Inevitavelmente nestes mais de dez anos muitas coisas mudaram; produtos, equipamentos, matéria-prima, etc. Dessa forma alguns critérios não têm funcionado tão bem quanto no momento da implantação do programa. Devido a um acentuado problema que ocorre durante o processo de colagem das chapas faz-se necessário uma revisão destes parâmetros.

A empresa Vimasa - Industrial Madeireira SA, onde foi realizada a pesquisa, tem laboratório próprio devidamente certificado e habilitado para efetuar testes para controle de qualidade dos painéis. Desta forma abre-se a oportunidade para que se façam experiências nesta etapa do processo, buscando alternativas para melhorar o mesmo, respeitando sempre os requisitos mínimos exigidos para garantir uma boa colagem do painel de compensado.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo teve por objetivo propor e testar a viabilidade de novos critérios para serem utilizados no processo de colagem do painel de compensado, diferentes dos estabelecidos pelo PNQM, visando amenizar problemas de qualidade existentes durante o mesmo.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Reduzir a gramatura e o tempo de prensagem utilizado na produção do painel de compensado, buscando uma redução no índice de estouro de chapas.

- b) Avaliar a influencia da temperatura ambiente durante o processo de prensagem das chapas, identificando em que momento a temperatura necessária para a catalização da resina está chegando ao centro da chapa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 COMPENSADO

O compensado é um painel constituído de lâminas de madeira unidas entre si através do uso de resina e pressão, normalmente com os sentidos das fibras formando um ângulo de 90º entre si, formando assim uma malha de compensação das forças e fraquezas das lâminas. Normalmente é feito com um número ímpar de lâminas, colocando-se lâminas internas e externas simetricamente em ambos os lados de uma lâmina central.

Existem diversos tipos de compensado, sendo que o foco deste estudo será no compensado multilaminado, o qual é formado apenas por lâminas torneadas (Setsuo Iwakiri, 2003).

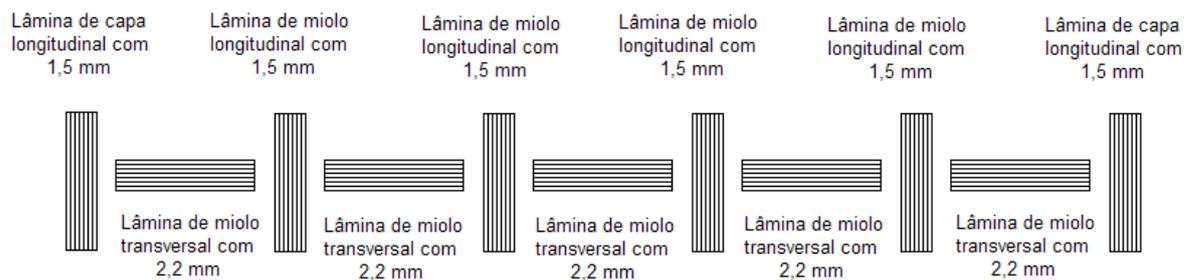


FIGURA 01. EXEMPLO DE CONSTRUÇÃO DO COMPENSADO. FONTE PRÓPRIA.

Em sua construção podem ser utilizadas diversas espécies de lâminas, o que vai determinar sua denominação. Basicamente podemos ter:

- Compensado Puro – todas as lâminas são de madeira tropical (lâminas do norte, como são denominadas na região sul do país);
- Compensado Combi - As lâminas longitudinais são de madeira tropical e as lâminas transversais são de madeira de pinus;
- Compensado Twin – Apenas as capas são de madeira tropical, o restante, tanto lâminas longitudinais, quanto lâminas transversais são de madeira de pinus;
- Compensado 100% pinus – como o próprio nome diz é produzido com todas as lâminas em madeira de pinus, sendo que comercialmente

também é conhecido como compensado de conífera, principalmente quando se fala de chapas plastificadas para forma de concreto, sendo este tipo de painel o foco do estudo deste trabalho.

O compensado pode tomar inúmeras formas. Na empresa onde os testes foram realizados são produzidos basicamente três tipos de compensado:

1 - Compensado de pinus sem revestimento:

Este compensado é classificado conforme a qualidade de suas capas, sendo o mais comum o C+/C. Entre suas utilizações podemos citar o uso em construções de casas e fabricação de embalagens, entre inúmeras outras.



FIGURA 02. CHAPAS DE COMPENSADO DE PINUS. FONTE PRÓPRIA.

2 - Compensado anti-derrapante:

Este é um compensado revestido com um papel impregnado com resina tego (Tegofilm), tendo um lado liso e outro corrugado, o qual forma uma superfície áspera. Para que se consiga este efeito usa-se uma tela de arame durante a aplicação do filme no compensado. Usado basicamente para piso, como exemplo podemos citar carrocerias de caminhão, mezaninos, etc.

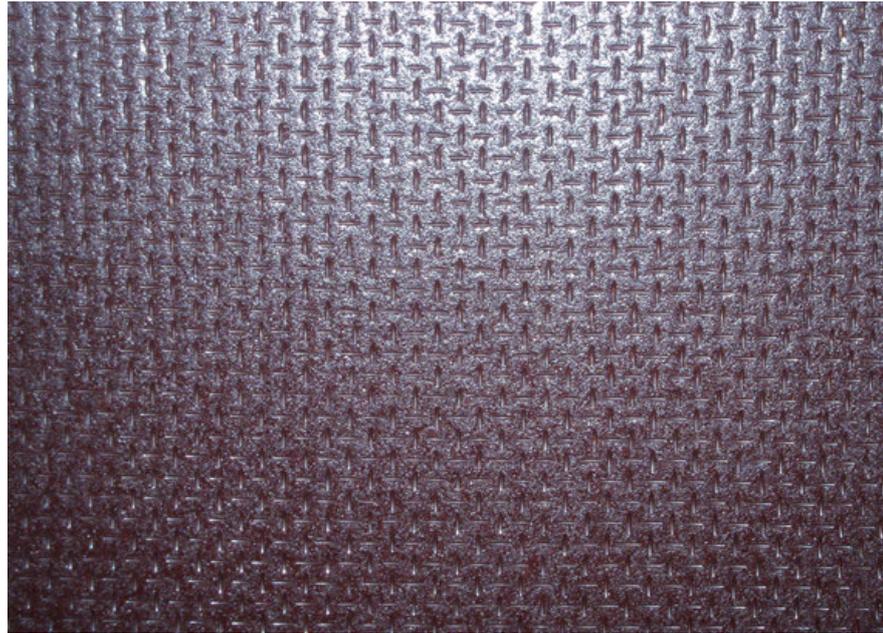


FIGURA 03. CHAPA DE COMPENSADO ANTI-DERRAPANTE. FONTE PRÓPRIA.

3 – Compensado plastificado:

A chapa é revestida com um papel impregnado com resina tego (Tegofilm), ficando com suas faces lisas. É utilizado como forma de concreto na construção civil. Com esta aplicação de filme a chapa pode ser reutilizada várias vezes, sendo os mais comuns o papel tego com 120 gr/m² (até 20 reutilizações) e com 170 gr/m² (até 30 reutilizações).



FIGURA 04. CHAPA DE COMPENSADO PLASTIFICADO. FONTE PRÓPRIA.

A produção do compensado é medida em metros cúbicos (m³). O cálculo é feito pela quantidade de chapas vezes a espessura (milímetros), vezes o comprimento (metros), vezes a largura (metros).

Ex: 600 (quantidade) x 0,018 (espessura) x 2,44 (comprimento) x 1,22 (largura) = 32,149 m³.

(UPM. Handbook of Finnish Plywood).

2.2 CERTIFICAÇÕES

A empresa é certificada pelo sistema de qualidade PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira e pela certificação de produto CE Marking. Sendo a primeira que estabelece os critérios a serem seguidos na produção do compensado e a segunda que estabelece as características do produto, bem como os testes a serem executados para comprovar que o lote produzido está conforme segundo os critérios da Norma CE.

2.2.1 – PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira

O PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira é uma certificação de produto que demonstra que a empresa controla seu processo produtivo, desde o recebimento da matéria-prima (toras e lâminas) até a embalagem do produto final, seguindo parâmetros a serem verificados e critérios de aceitação. O objetivo deste controle é disponibilizar ao mercado produtos com especificações conhecidas, fabricados dentro de parâmetros controlados.

O Programa foi criado com base na certificação ISO **9001/2004** e busca atender parcialmente os requisitos da Norma. O documento que compõem este sistema da qualidade é o Manual da Qualidade, o qual é composto por:

- a) Procedimentos - estabelecem o funcionamento do Sistema de Qualidade;
- b) Instruções de trabalho - documentos específicos para uma determinada etapa do processo de produção;
- c) Registros - documentos nos quais estão anotados os resultados obtidos nos controles efetuados em uma determinada etapa do processo de produção.
- d) Normas Europeias EN e brasileiras ABNT – conforme quadros 01 e 02.

QUADRO 01. RELAÇÃO DAS NORMAS EUROPEIAS EN.

| Número | Título Original |
|------------------|---|
| EN 310:1993 | Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength |
| BS EN 314-1:2004 | Plywood – Bonding quality – Part 1: Test methods |
| BS EN 314-2:1993 | Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements |
| NP EN 322 2002 | Placas de derivados de madeira – Determinação do teor de água |
| NP EN 323 2002 | Placas de derivados de madeira – Determinação da massa volúmica |
| NP EN 325 2002 | Placas de derivados de madeira – Determinação das dimensões dos provetes |
| NP EN 326-1 2002 | Placas de derivados de madeira – Amostragem, corte e inspeção – Parte 1: Amostragem e corte dos provetes e expressão dos resultados dos ensaios |
| EN 326-2 (2000) | Wood-based panels – Sampling, cutting and inspection – Part 2: Quality control in the factory |
| BS EN 636:2003 | Plywood – Specifications |
| BS EN 13986:2004 | Wood-based panels for use in construction – Characteristics, evaluation of conformity and marking |

FONTE: ABIMCI; PNQM – Parâmetros REV. 05 (21/01/09).

QUADRO 02. RELAÇÃO DAS NORMAS BRASILEIRA ABNT.

| Número | Título Original |
|-----------------|--|
| NBR ISO 1096 | Madeira compensada – Classificação |
| NBR ISO 1098 | Compensado laminado para uso geral – Requisitos gerais |
| NBR ISO 1954 | Madeira compensada – Tolerâncias dimensionais |
| NBR ISO 2074 | Madeira compensada – Vocabulário |
| NBR ISO 2426-1 | Madeira compensada – Classificação pela aparência superficial – Parte 1: Geral |
| NBR ISO 2426-2 | Madeira compensada – Classificação pela aparência superficial – Parte 2: Folhosas |
| NBR ISO 2426-3 | Madeira compensada – Classificação pela aparência superficial – Parte 3: Coníferas |
| NBR ISO 12466-1 | Madeira compensada – Qualidade de colagem – Parte 1: Métodos de ensaio |
| NBR ISO 12466-2 | Madeira compensada – Qualidade de colagem – Parte 2: Requisitos |

FONTE: ABIMCI; PNQM – Parâmetros REV. 05 (21/01/09).

(ABIMCI; PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira).

2.2.2 CE Marking

A CE é uma marca de conformidade europeia, simboliza a conformidade de um produto de acordo com as exigências impostas pela Comunidade Europeia, onde declara que o fabricante atende os requisitos da norma europeia (EN – European Norms) para o produto em questão. Essas exigências se referem a Marca

de Conformidade da Comunidade Européia (CE – Marking), regulamentada por uma diretiva da Comunidade Européia que atesta a conformidade de um produto de acordo com as exigências das EN – European Norms, exigida para o acesso a 28 países europeus. Trata-se da diretiva dos produtos de construção CPD-89/106/CE, regida pela norma EN-13986:2004; Wood-based panels for use in construction – Characteristics, evaluation of conformity and marking.

Para adquirir a certificação CE é necessário que a empresa tenha um sistema de qualidade implantado, sendo que o PNQM possui reconhecimento internacional que é aceito pela União Européia.

Os mecanismos para obtenção da Marca CE de conformidade para painéis de compensado dependem do nível de exigência a ser atendido pela empresa, podendo ser tanto Estrutural (nível 2+) como Não estrutural (nível 4).

(ABIMCI; CE Marking).

2.3 COLAGEM DO COMPENSADO

A colagem pode ser entendida como um fenômeno que provê um mecanismo de transferência de tensões entre dois sólidos, através de processos moleculares. Resumidamente, um adesivo necessita ligar-se à superfície de um sólido, e possuir uma força de adesão adequada.

Pela teoria mecânica a colagem se dá através de um enganchamento mecânico. A fluidez e penetração do adesivo em substratos porosos levam à formação de ganchos fortemente presos ao substrato após a solidificação do adesivo. Esta teoria tem aplicação bastante restrita, sendo válida apenas na colagem de materiais porosos, o que é o caso da lâmina utilizada para a fabricação do compensado (Valdir Santoro et al., 2003).

O compensado pode ter uma colagem a prova d'água ou não, o que vai definir isso será o tipo de adesivo utilizado para sua colagem. A resina uréia-formaldeído (uréica) nos dá uma colagem sem ser a prova d'água e a resina fenol-formaldeído (fenólica) nos dá uma colagem a prova d'água (Setsuo Iwakiri, 2003). Este estudo foca-se no compensado colado com resina fenol-formaldeído.

Para a colagem do compensado são utilizados os seguintes componentes:

- a) Resina fenólica;
- b) trigo;

- c) casca de coco; e
- d) água.

Outros componentes podem ser acrescentados a mistura, conforme a necessidade do fabricante.

A quantidade de cada componente é calculada com base no sólido ativo da resina fenólica, que nada mais é do que a quantidade de material que forma a película sólida na junta colada.

Os componentes são misturados em uma bateadeira de cola (figura 05) Após a mistura, a resina deve seguir uma viscosidade especificada, que varia entre 40 e 60 segundos medida no copo ford número 8 (figura 06), esta viscosidade é a ideal para que a resina consiga preencher de forma adequada os poros das lâminas, mantendo uma camada na superfície entre as mesmas. Esta viscosidade pode variar conforme a espécie ou a densidade da lâmina utilizada, sendo entre 40 e 60 segundos a indicada para o pinus, hoje largamente utilizada na produção do compensado (Revista Referência – Especial Adesivos).



FIGURA 05. BATEDEIRA DE COLA. FONTE PRÓPRIA.



FIGURA 06. COPO FORD. FONTE PRÓPRIA.

Tendo a cola pronta passamos à aplicação da mesma, a qual é feita em uma passadeira de cola (figura 07), essa máquina possui rolos ranhurados que giram com cola neles, a lâmina é passada no meio destes rolos, recebendo uma camada de cola em ambas as faces. As lâminas são montadas de forma intercalada, sendo que se usa uma lâmina com cola, uma sem cola, sucessivamente (Setsuo Iwakiri – Painéis Compensados).



FIGURA 07. PASSADEIRA DE COLA. FONTE PRÓPRIA.

A quantidade de cola aplicada deve ser controlada, sendo que isto é feito verificando a diferença de peso entre a lâmina com cola e a lâmina sem cola. Para o cálculo da quantidade de cola (gramatura) deverá ser utilizada a seguinte fórmula:

QUADRO 03. FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA GRAMATURA.

$$Gr = \frac{P \text{ molhado} - P \text{ seca}}{c * l}$$

Onde:

Gr = Gramatura em g/m².

P molhado = Peso da lâmina molhada (com cola), em gramas.

P seca = Peso da lâmina seca, em gramas.

c = Comprimento da lâmina, em metros.

l = Largura da lâmina, em metros.

FONTE: PNQM – Modelo do Manual da Qualidade MQ-001 – REV. 2 (Setembro / 2004)

Os valores estabelecidos pelo PNQM para a gramatura são os seguintes:

QUADRO 04 – VALORES ESTABELECIDOS PELO PNQM PARA A GRAMATURA.

| Espessura da Lâmina | Gramatura (g/m²) – Fenólica |
|----------------------------|---|
| <1,0 mm | > 260 g/m ² |
| 1,0 mm a 2,0 mm | > 280 g/m ² |
| 2,0 mm a 3,0 mm | > 320 g/m ² |
| > 3,5 mm | > 370 g/ m ² |

FONTE: PNQM – Parâmetros REV. 05 (21/01/09).

Após a aplicação da cola o pacote de chapas passa por uma pré-prensa fria, onde, através do uso de pressão e tempo, será auxiliado na migração da cola para as lâminas secas, além da compactação dos painéis, auxiliando na hora do carregamento na prensa (Setsuo Iwakiri – Painéis Compensados).



FIGURA 08. PRÉ-PRENSA. FONTE PRÓPRIA.

O catalisador da resina fenólica é a temperatura, sendo que isso ocorre no processo de prensagem (Valdir Santoro et al., 2003). Aqui também são seguidos alguns critérios estabelecidos pelo PNQM: tempo de prensagem, temperatura, pressão e tempo de carregamento.

QUADRO 05. PARÂMETROS PARA PRENSAGEM.

| Parâmetro | Critério | |
|-----------------------|----------------------------|------------|
| Tempo de carregamento | < 2,5 minutos | |
| Pressão de prensagem | 8 a 12 kgf/cm ² | |
| Temperatura | 125 a 150°C | |
| Tempo de permanência | Temperatura < 140°C | 1,0 min/mm |
| | Temperatura > 140°C | 0,8 min/mm |

FONTE: PNQM – Parâmetros REV. 05 (21/01/09).



FIGURA 09. PRENSAS. FONTE PRÓPRIA.

Um dos grandes problemas desta parte do processo de produção é o estouro de chapas, que ocorre pela formação de bolsas de vapor dentro da chapa, quando a prensa abre e a pressão na chapa é aliviada este vapor força sua saída de dentro da mesma, arrebatando as camadas de lâminas para voltar à atmosfera, estragando o painel. Estas bolsas de vapor ocorrem devido ao excesso de água dentro da chapa. Por este motivo as lâminas utilizadas no processo tem um limite de tolerância para a umidade, que são:

QUADRO 06. TEOR DE UMIDADE DA LÂMINA NO MOMENTO DA COLAGEM.

| Teor de umidade | |
|-----------------|------------------|
| Destinação | Colagem fenólica |
| Capa | Máximo 12% |
| Miolo Cola | Máximo 08% |
| Miolo Seco | Máximo 08% |
| Contra capa | Máximo 12% |

FONTE: PNQM – Parâmetros REV. 05 (21/01/09).

Além da umidade contida nas lâminas deve-se levar em consideração que a cola utilizada também possui água em sua composição.

2.4 CATALISAÇÃO DA RESINA FENÓLICA

Um ponto muito importante na colagem do compensado, assim como em qualquer colagem, é a catalisação da resina, sendo que a temperatura é quem catalisa a resina fenólica. Nesta área existem diversas opiniões conflitantes, sendo que as principais teorias dizem que a resina fenólica catalisa a 110°C. Um fato bastante importante na medição de temperatura do painel de compensado é que se deve tomar cuidado para tomar estas medições na camada central do mesmo, pois é onde a temperatura demora mais para chegar. Outro cuidado é deixar a ponta do termopar na borda da chapa, não colocar muito para o centro, pois é na borda onde ocorre troca de temperatura com o ambiente externo.

2.4.1 Medições de Temperatura

Todas as substâncias são constituídas de pequenas partículas, as moléculas, que se encontram em contínuo movimento. Quanto mais rápido o movimento das moléculas mais quente se apresenta o corpo e quanto mais lento mais frio se apresenta o corpo. Então se define temperatura como o grau de agitação térmica destas moléculas.

Na prática a temperatura é representada em uma escala numérica, onde, quanto maior o seu valor, maior é a energia cinética média dos átomos do corpo em questão.

Existem vários meios e instrumentos de medição de temperatura, tais como, termômetros de dilatação de líquidos, termômetros à pressão de gás e de vapor, termômetros à dilatação de sólidos, termopares, termorresistores, termístores, pirômetros de radiação, pirômetros ópticos, entre outros. Nesta pesquisa iremos utilizar o uso de termopares para a medição da temperatura durante a prensagem do compensado.

Os termopares são os sensores de maior uso industrial para medição de temperatura. Eles cobrem uma faixa bastante extensa de temperatura, indo de -200 a 2300°C aproximadamente, com uma boa precisão, tendo um custo que se comparado a outros tipos de sensores de temperatura é bem mais baixo. Em 1821, o físico alemão Thomas Johann Seebeck observou que, unindo as extremidades de dois metais diferentes “x” e “y” e submetendo as junções “a” e “b” a temperaturas

diferentes T_1 e T_2 , surgia uma tensão entre os pontos a e b, “denominada tensão termoelétrica”.

Um termopar, portanto, consiste de dois condutores metálicos, de natureza distinta, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas. Dessa forma os fios são soldados em um extremo ao qual se dá o nome de junção de medição, sendo a outra extremidade ligada em um instrumento medidor, por onde flui a corrente gerada indicando a temperatura do corpo.

Existem diversos tipos de termopares, sendo que o utilizado para as medições deste trabalho foi o tipo K que é composto por Níquel - Cromo (+) / Níquel – Alumínio (-). Sendo este o termopar mais utilizado na indústria em geral devido a grande faixa de atuação.



FIGURA 10. TERMOPAR. FONTE PRÓPRIA.

2.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE COLAGEM DO COMPENSADO

O compensado possui uma norma de colagem europeia, a EN 314-1 Plywood – Bonding Quality part 1: Test methods e a EN 314-2 Plywood – Bonding Quality part 2: Requirements, tendo também uma norma brasileira, a ABNT NBR ISO 12466-1 Madeira compensada – Qualidade de colagem parte 1: Métodos de ensaios e ABNT NBR ISO 12466-2 Madeira compensada parte 2: Requisitos. Sendo que a norma brasileira foi baseada na europeia sendo, portanto, similar a ela.

2.5.1 Parâmetros a Serem Verificados

O teste efetuado para avaliar a qualidade de colagem do compensado denomina-se cisalhamento. Através dele verificam-se os seguintes parâmetros:

- Resistência ao cisalhamento do plano de colagem em corpos-de-prova de painéis de compensado (em N/mm^2);
- Percentual de fibras resultante do cisalhamento do plano de colagem dos corpos-de-prova (em %).

2.5.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a execução do teste são:

- Paquímetro com resolução de 0,1 mm (01);
- Banho-maria com circulação interna de água e controle de temperatura para fervura (02);
- Cubas com dispositivo para garantir a imersão total dos corpos-de-prova na água (03);
- Estufa de secagem com circulação de ar, regulável a $60 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ (04);
- Termômetros que permitam leituras na faixa de 17 a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, com resolução de $1 \text{ }^\circ\text{C}$ (05);
- Máquina universal de ensaios com capacidade máxima de 2000 kgf (20 kN), com as ferramentas e acessórios apropriados para a execução dos ensaios, conforme especificado na norma BS EN 314-1:2004 item 4.2. Equipamento com sistema adequado para determinar a carga de ruptura com uma precisão de 1 N (06 e 07);
- Microcomputador, impressora (utilizada em rede) e software compatíveis e preenchendo os requisitos mínimos para funcionamento em conjunto com a máquina universal de ensaios.



FIGURA 11. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO LABORATÓRIO. FONTE PRÓPRIA.

2.5.3 Amostragem

- a) Amostragem e confecção – De cada painel são retirados 20 corpos de prova, sendo 10 da borda e 10 do centro. Cada corpo-de-prova deve ser cortado de forma que a direção do veio (grã) da lâmina que se encontra entre as linhas de cola submetidas ao ensaio seja transversal ao comprimento do CP.

A preparação dos corpos-de-prova e a confecção das fendas (entalhes) devem ser efetuadas de modo a permitir o exame de cada plano de colagem dos painéis.

Os sulcos da serra nas fendas devem penetrar no interior da camada (lâmina úmida) do plano de colagem sem, no entanto, transpassá-la.

Para painéis de 3 a 9 lâminas pode-se utilizar a espessura total do painel para os corpos-de-prova. Para painéis com mais de 9 lâminas, as lâminas excedentes devem ser retiradas, total ou parcialmente nas extremidades do CP, por corte, desengrosso ou lixamento.

- b) Dimensões – Os corpos-de-prova devem ser preparados de acordo com as figuras abaixo demonstradas. As dimensões aplicáveis aos CPs são as seguintes:

- Comprimento da área sujeita a cisalhamento: $25 \pm 0,5$ mm (distância entre fendas)
- Largura da área sujeita a cisalhamento: $25 \pm 0,5$ mm (largura do corpo-de-prova)
- Espessura do corpo-de-prova: igual à espessura do painel
- Largura da fenda: 2,5 a 4 mm

OBS. Distância mínima entre garras da máquina: 50 mm

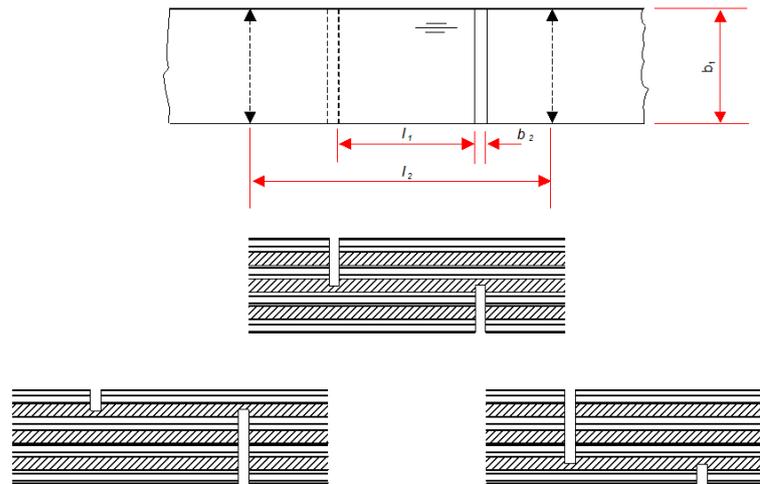


FIGURA 12. DIMENSÕES E FORMATOS DO CORPO DE PROVA. FONTE: BS EN 314-1:2004

- Comprimento da área sujeita a cisalhamento: $l_1 = 25 \pm 0,5$ mm (*)
(distância entre fendas)
- Largura da área sujeita a cisalhamento: $b_1 = 25 \pm 0,5$ mm
(largura do corpo-de-prova)
- Espessura do corpo-de-prova: = Espessura do painel
- Largura da fenda: $b_2 = 2,5$ a 4 mm
- Distância mínima entre garras da máquina: $l_2 = 50$ mm
- Direção do veio (grã) da face para todos os tipos de posicionamento: _____

(*) Em alguns casos o comprimento $l_1 = 25$ mm pode ser reduzido a 10 mm (ver item 8 alínea e).

2.5.4 Método de Ensaio

O princípio do ensaio é a determinação da qualidade da colagem nas linhas de cola de painéis de compensado, através de corte e cisalhamento dos diversos planos de colagem, e posterior verificação do percentual de fibras resultante. A utilização destes resultados permite verificar a qualidade da colagem dos painéis.

- a) Medição dos CPs – Antes da imersão em água para pré-tratamento, devem ser medidos o comprimento (distância entre fendas) e a largura

(largura do corpo-de-prova) da área sujeita a cisalhamento, com uma precisão mínima de leitura de 0,1 mm.

b) Acondicionamento – Deve ser feito o acondicionamento dos corpos-de-prova de acordo com o pré-tratamento especificado para o ensaio:

• **Ensaio em água fria:** (conforme BS EN 314-1:2004, item 5.1.1):

Imersão durante 24 h em água a 20 ± 3 °C.

• **Ensaio em ciclos de fervura:** (conforme BS EN 314-1: 2004, item 5.1.3):

- Imersão durante 4 h em água em ebulição (100 °C);
- Secagem em estufa durante 16 a 20 h a 60 ± 3 °C;
- Imersão durante 4 h em água em ebulição (100 °C);
- Esfriamento durante pelo menos 1 h em água a 20 ± 3 °C.

Durante os pré-tratamentos todos os corpos-de-prova devem permanecer completamente imersos em água.

O ensaio de cisalhamento deve ser realizado nos corpos-de-prova ainda úmidos, dos quais tenha sido retirado o excesso de umidade.

c) Posicionamento dos CPs na máquina de ensaios – Os corpos-de-prova devem ser dispostos de forma centrada nas garras de fixação, de forma que a carga seja transmitida da máquina de ensaios às superfícies de cisalhamento através das extremidades dos CPs, não permitindo a ocorrência de cargas transversais, admitindo-se um escorregamento apenas no início da aplicação da carga.

d) Aplicação da força de carga – A força deve ser aplicada com velocidade constante durante todo o ensaio de cada corpo-de-prova. A velocidade de tracionamento deve ser ajustada, de maneira que a ruptura ocorra em 30 ± 10 s (20 a 40 segundos).

O sistema automatizado do equipamento deve ser capaz de atender as condições de ensaio especificadas no item 4.2 da norma BS EN 314-1:2004.

e) Condições de ruptura – A ruptura normalmente deverá ocorrer na madeira, ou nos planos de colagem entre as fendas da serra, isto é, dentro da área de ensaio de cisalhamento.

Quando ocorrer ruptura fora da área de ensaio, ou se 50% ou mais da superfície da face de uma lâmina se destaca da zona de ensaio de cisalhamento, os resultados devem ser rejeitados, e deve-se repetir o ensaio com uma distância entre fendas de 10 mm.

As rupturas resultantes da presença de defeitos, que acarretem uma redução da resistência, devem também ser excluídas.

Os corpos-de-prova com este gênero de defeitos deverão ser normalmente identificados e substituídos durante a operação de cisalhamento. Se o número de CPs rejeitados exceder 20%, será necessário recorrer a nova amostragem em novo painel. Se a nova amostragem for igualmente rejeitada, pelas mesmas razões, deve-se rejeitar o lote sob inspeção.

- f) Percentual de fibras – Após o ensaio de cisalhamento, deve ser determinado o percentual de fibras resultante na área de ruptura das linhas de cola. Os corpos-de-prova devem estar secos antes da determinação do percentual de fibras na área de cisalhamento.
- g) Condições de análise das fibras – Deve ser determinado o percentual de fibras da madeira, se possível, por incrementos de 5% em uma escala de 0 a 100%; caso contrário aplicar incrementos de 10%.

A determinação deve levar em conta as fibras de madeira presentes nas superfícies expostas. As fibras de madeira muito finas, que possam ser difíceis de serem visualizadas (sem o auxílio de uma lupa com amplificação de 10x), terão peso igual às grandes fibras facilmente visíveis.

O pó de madeira não deve ser considerado na análise.

- h) Estimativa das características do painel – O resultado final da resistência ao cisalhamento deve ser fornecido pelo equipamento, através do cálculo da média aritmética dos valores de resistência de todos os corpos-de-prova ensaiados, expressa em N/mm^2 e com três casas decimais. O sistema automatizado do equipamento deve determinar o desvio padrão dos valores obtidos nos CPs.

O resultado final do percentual de fibras deve ser obtido pelo cálculo da média aritmética dos valores determinados em todos os corpos-de-prova ensaiados, expressa em % e com número inteiro, sem casas decimais.

2.5.5 Critérios de Aceitação

Os resultados obtidos em cada corpo-de-prova, combinados, deverão estar em conformidade com os critérios especificados no Quadro 7.

QUADRO 07. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO PARA QUALIDADE DA COLAGEM DO PAINEL DE COMPENSADO.

| Resistência ao Cisalhamento (N/mm²) | Percentual de Fibras (%) |
|---|---------------------------------|
| 0,2 ≤ Média < 0,4 | Mínimo 80 |
| 0,4 ≤ Média < 0,6 | Mínimo 60 |
| 0,6 ≤ Média < 1,0 | Mínimo 40 |
| 1,0 ≤ Média | Sem requisitos |

FONTE: Norma: BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements.

O resultado final da qualidade da colagem para cada acondicionamento deve ser considerado satisfatório, quando a quantidade total de corpos-de-prova fora de especificação for inferior ou igual a 10%. Quando a quantidade de corpos-de-prova fora de especificação for maior que 10%, deve-se realizar até duas novas amostragens.

Após a realização dos ensaios nestes novos painéis, se a quantidade de corpos-de-prova que estejam fora de especificação (a soma total) for inferior ou igual a 10%, o requisito quanto à propriedade do painel estará satisfeito e, se continuar maior que 10%, o lote de produção correspondente deverá ser considerado “Não Conforme”.

2.6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES

Para as análises que serão feitas durante o decorrer do trabalho se fará necessário a utilização de uma linguagem mais dinâmica para a apresentação dos

resultados, sendo que uma linguagem visual em forma de gráficos mostra-se adequada para isso.

Um gráfico é uma representação dos dados na forma de figuras geométricas, diagramas, desenhos ou imagens, que permitem ao leitor uma interpretação rápida e objetiva sobre esses dados. Um gráfico possui três objetivos;

- a) Resumir a informação;
- b) Apresentar a informação de uma forma visualmente atraente, facilitando a compreensão;
- c) Servir como ferramenta de análise.

O tipo do gráfico depende do contexto, sendo que de maneira geral o gráfico deve:

- a) Mostrar a informação de modo tão acurado quanto possível;
- b) Utilizar títulos, rótulos, legendas, etc. para tornar claro o contexto, o conteúdo e a mensagem;
- c) Complementar ou melhorar a visualização sobre aspectos descritos ou mostrados numericamente através de tabelas;
- d) Utilizar escalas adequadas;
- e) Mostrar claramente as tendências existentes nos dados.

Existe uma grande diversidade nas formas de representação gráfica. A escolha da forma a ser usada está diretamente relacionada com o objetivo do gráfico e com o tipo de dado. Sendo que neste trabalho serão usados:

1 – Gráfico de segmentos: é o gráfico construído pela união de pontos (x,y) , correspondentes a x subsequentes, por meio de segmento de retas. É um gráfico de grande utilidade e muito comum na representação de tendências e relacionamento de variáveis. Assim, a variável no eixo x é uma variável contínua, frequentemente o tempo. Presta-se muito bem para representar várias séries simultaneamente, comparando tendências, e pode aparecer combinado com outros tipos de gráficos, como o de barra.

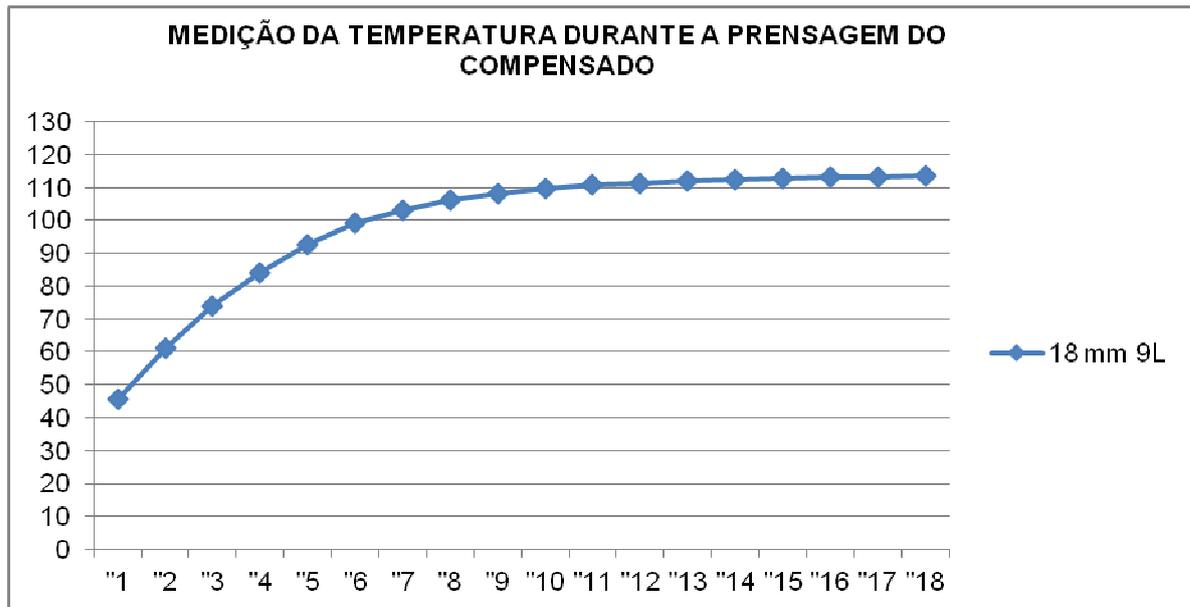


FIGURA 13. EXEMPLO DE GRÁFICO DE SEGMENTOS. FONTE PRÓPRIA.

2 – Gráfico de barra: são de uso frequente, utilizam retângulos cujas alturas são proporcionais aos valores a serem representados. Existem muitas variações deste gráfico, aqui será utilizado o de Barras Verticais, sendo formado por retângulos com alturas proporcionais aos valores, tendo os valores no eixo das ordenadas e a base no eixo das abscissas.

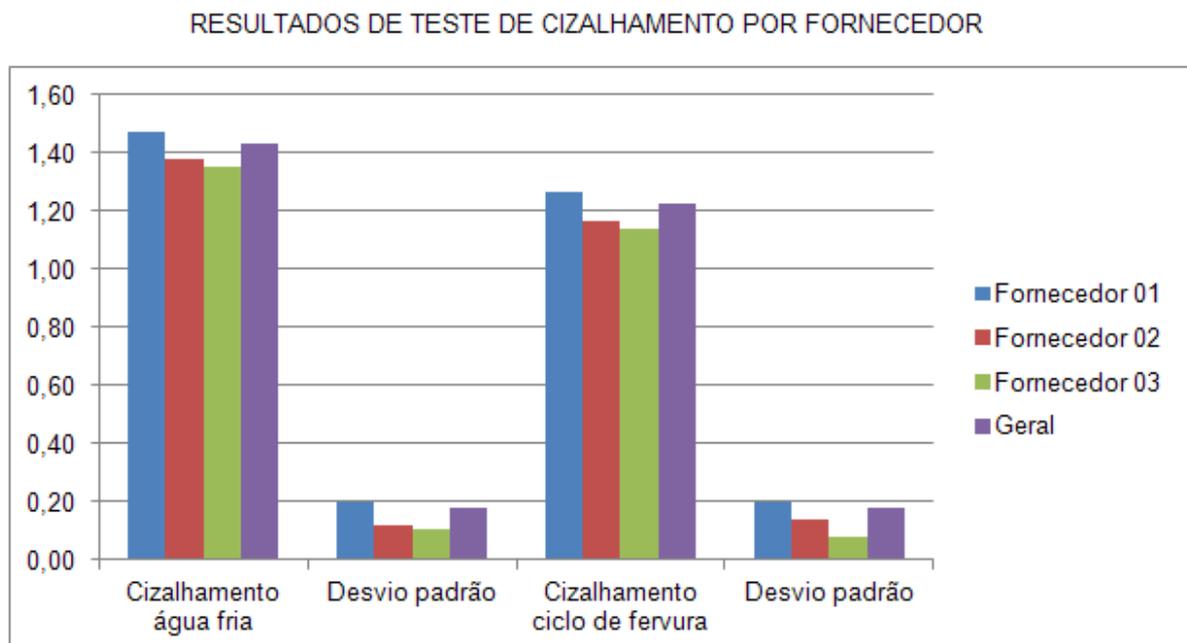


FIGURA 14. EXEMPLO DE GRÁFICO DE BARRAS. FONTE PRÓPRIA.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PESQUISA DE CAMPO E DOCUMENTAL

Em razão de uma elevada quebra ocorrida no processo de colagem, ocasionada por estouro de chapas, iniciou-se uma busca por alternativas aos parâmetros estabelecidos pelo PNQM para colagem. Para isto foi recorrido aos engenheiros químicos das empresas fornecedoras de resina, bem como a bibliografia sobre o assunto.

3.2 MÉTODOS

Em primeiro lugar foi especificado que os testes e comparações seriam feitos nas chapas de 18 mm, visto esta espessura responder por cerca de 80% da produção e venda da empresa. O painel com 18 mm é montado com 9 camadas, 11 camadas ou 13 camadas, sendo que o problema de estouro ocorre de forma acentuada nas montagens com 11 e 13 camadas.

As montagens de 11 e 13 camadas tem mais camadas com cola e portando mais cola por metro cúbico. Lembrando que na composição da cola tem água, podem-se ter mais bolsas de vapor dentro dos painéis com estas montagens. Como o volume produzido na empresa de 18 mm com 13 camadas é insignificante, os testes serão feitos com os painéis de 18 mm com 11 camadas.

QUADRO 08 – QUANTIDADE DE COLA POR M3.

| Montagem | Espessura da lâmina da cola | Gramatura Utilizada | Kg de cola por M3 | Gramatura proposta | Kg de cola por M3 |
|------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| 18 mm 9 camadas | 2,6 | 340 g/m ² | 84,46 | | |
| 18 mm 11 camadas | 2,2 | 320 g/m ² | 99,37 | 300 g/m ² | 93,16 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Com os novos valores de gramatura pretende-se diminuir em cerca de 6% a quantidade de cola por m3 utilizada na montagem com 11 camadas. Isso, além de ajudar na redução do estouro, traz também uma vantagem econômica, pois o valor gasto em cola na produção do compensado é bastante elevado. A montagem do 18 mm 11 camadas utilizada para os testes foi a seguinte:

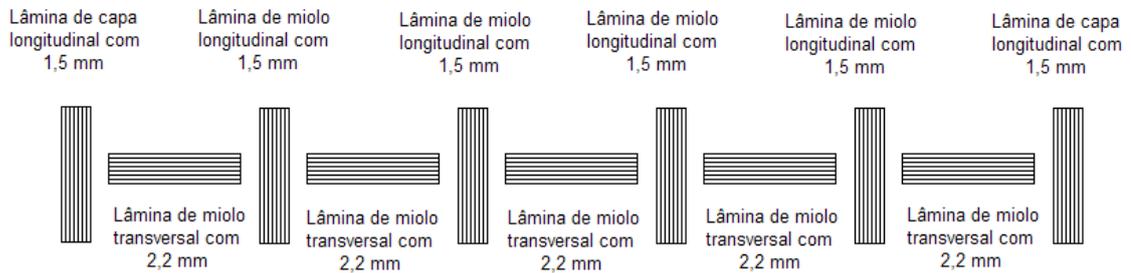


FIGURA 15. MONTAGEM DA CHAPA DE COMPENSADO COM 18 MM 11 LÂMINAS. FONTE PRÓPRIA.

Estabelecido isso foi levantado o histórico do índice de estouro ocorrido durante o processo de colagem destes painéis. Após isso foram levantados também os últimos 10 (dez) testes de cisalhamento desta montagem utilizando-se os parâmetros do PNQM no momento da colagem. Isso foi feito para que, além de verificar se os painéis com o parâmetro alterado passavam nos critérios estabelecidos pela EN 314-2:1993; Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements, fosse observado se houve uma diminuição muito drástica na qualidade da colagem do compensado.

Em um primeiro momento foram feitos testes de cisalhamento em 06 (seis) chapas coladas com a gramatura alterada para verificar os efeitos obtidos com o novo parâmetro.

Tendo esta primeira fase concluída passou-se a medição da temperatura na camada central do painel, procurando identificar o ponto de tempo onde teoricamente a resina estaria curada. Um ponto bastante importante é a distribuição da temperatura no prato da prensa, ou seja, se a temperatura é uniforme ou não, para isto foram feitas medições de temperatura em seis pontos de todos os pratos das duas prensas, sendo três pontos na entrada e três pontos na saída de cada prato. Com base neste levantamento foi mexido no tempo de prensagem das chapas, conforme o quadro a seguir:

QUADRO 09 – TEMPO DE PRENSAGEM PARA O PAINEL DE 18MM.

| Temperatura de prensagem | Parametro PNQM | Tempo de prensagem | Temperatura de prensagem | Parâmetro proposto | Tempo de prensagem |
|--------------------------|----------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| 128° C | 1 minuto / mm | 18 minutos | 128° C | 0,83 minuto / mm | 15 minutos |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Foram feitos novos ensaios de cisalhamento em 06 (seis) chapas coladas com este novo parâmetro, mantendo o parâmetro da gramatura alterado. Com os resultados dos testes de cisalhamento em mãos passou-se a análise dos resultados obtidos, identificando a aprovação ou não das mudanças efetuadas.

Após isso, com os resultados estando em conformidade com o esperado, passou-se a produzir os compensados com os novos parâmetros, sendo que foram efetuados novos testes de cisalhamento aleatoriamente para confirmar os resultados. Com um volume maior de chapas coladas passou-se a verificação dos índices de estouro durante o processo da colagem do compensado, avaliando se houve ou não uma diminuição dos mesmos.

QUADRO 10. PARÂMETROS ATUAIS X PARÂMETROS PROPOSTOS.

| Parâmetro | Atuais | Propostos |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Gramatura (2,2 mm) | > 320 g/m ² | 300 g/m ² |
| Tempo de carregamento | < 2,5 minutos | < 2,5 minutos |
| Pressão de prensagem | 8 a 12 kgf/cm ² | 8 a 12 kgf/cm ² |
| Temperatura | 125 a 150°C | 128°C |
| Tempo de permanência | 1,0 min/mm (Temperatura < 140°C) | 0,83 min/mm (Temperatura = 128°C) |
| | 0,8 min/mm (Temperatura > 140°C) | |

FONTE: PNQM – Parâmetros REV. 05 (21/01/09). Dados de pesquisa 2013.

4. RESULTADOS

4.1 HISTÓRICO DOS ÍNDICES DE ESTOURO

Para uso comparativo ao final da pesquisa foram levantados os índices de estouro das chapas de 18 mm com 11 lâminas coladas nos últimos meses.

QUADRO 11 – ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS DE 18 MM 11 CAMADAS COM CONDIÇÕES NORMAIS DE COLAGEM E Prensagem

| Período | Chapas coladas (m3) | Chapas estouradas (m3) | Índice de estouro (%) |
|---------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 01 | 123,413 | 3,544 | 2,87 |
| 02 | 570,488 | 11,588 | 2,03 |
| 03 | 327,206 | 10,013 | 3,06 |
| 04 | 212,063 | 5,850 | 2,76 |
| 05 | 102,544 | 2,981 | 2,91 |
| Total | 1.335,714 | 33,976 | 2,54 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Conforme pode ser constatado no quadro acima o índice é bastante elevado e causa um forte impacto no custo final do produto, pois as chapas com este tipo de defeito são vendidas como descarte com um preço bastante inferior em relação às chapas de primeira qualidade.

4.2 HISTÓRICO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM PARA A COLAGEM

Foram levantados os resultados dos 10 (dez) últimos testes de cizalhamento feitos nas chapas de 18 mm com 11 camadas coladas com os parâmetros do PNQM; gramatura em $>320 \text{ g/m}^2$, temperatura de prensagem em 128° e tempo de prensagem em 18 minutos. Nos gráficos a seguir pode-se notar que em todos os testes levantados, tanto em pré-tratamento em água fria quanto em pré-tratamento em ciclos de fervura, os resultados ficaram acima de 1 N/mm^2 , ou seja, todos com a qualidade de colagem satisfatória perante a Norma BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements, não dependendo da leitura do percentual de fibras para sua aprovação.

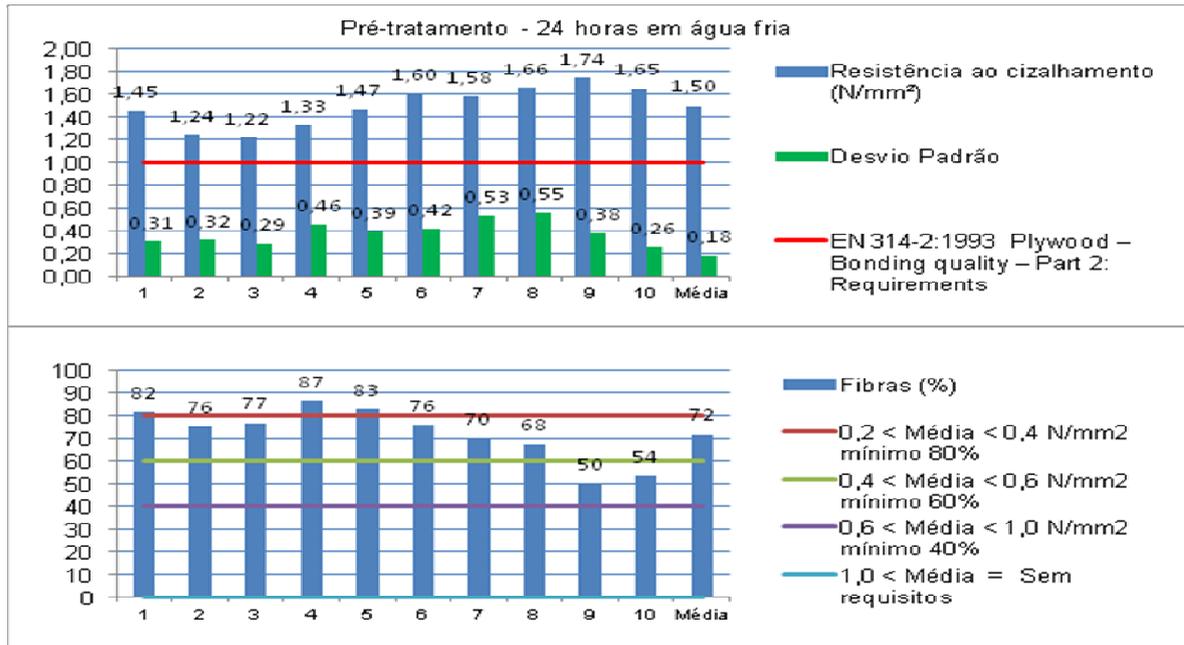


FIGURA 16. QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

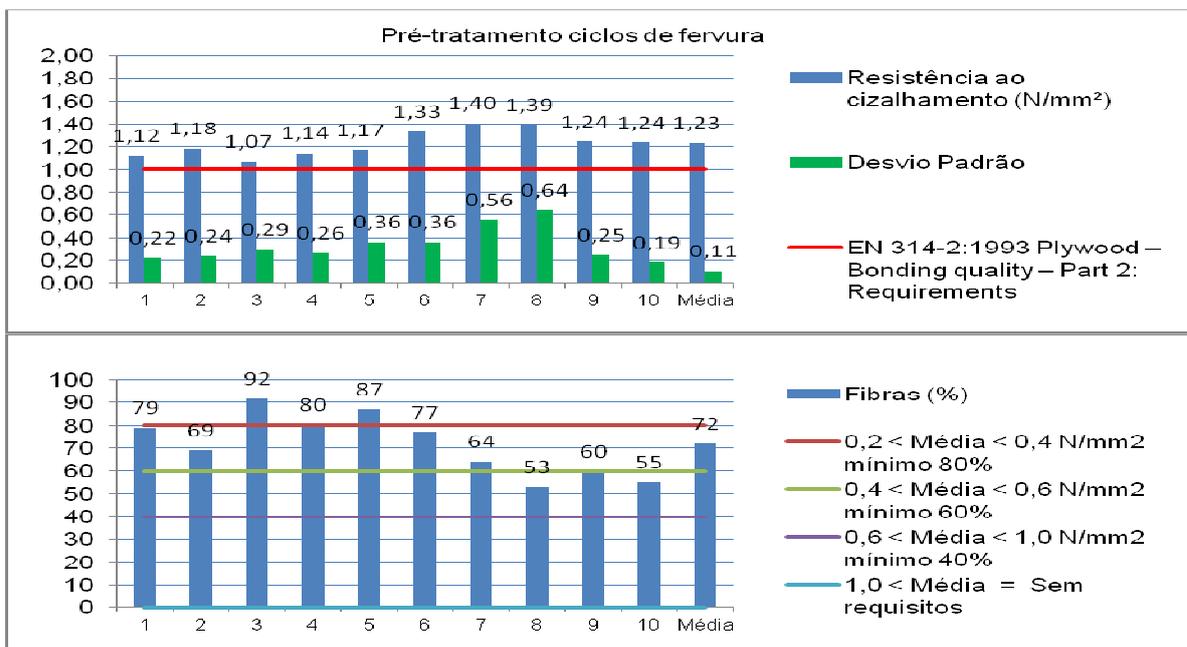


FIGURA 17. QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

4.3 TESTES DE CIZALHAMENTO UTILIZANDO A GRAMATURA ALTERADA

Foi usada uma gramatura de 300 g/m² para o 18 mm com 11 camadas. As condições de prensagem se mantiveram; temperatura em 128°C e tempo em 18 minutos. Abaixo seguem os resultados obtidos nos 6 (seis) painéis.

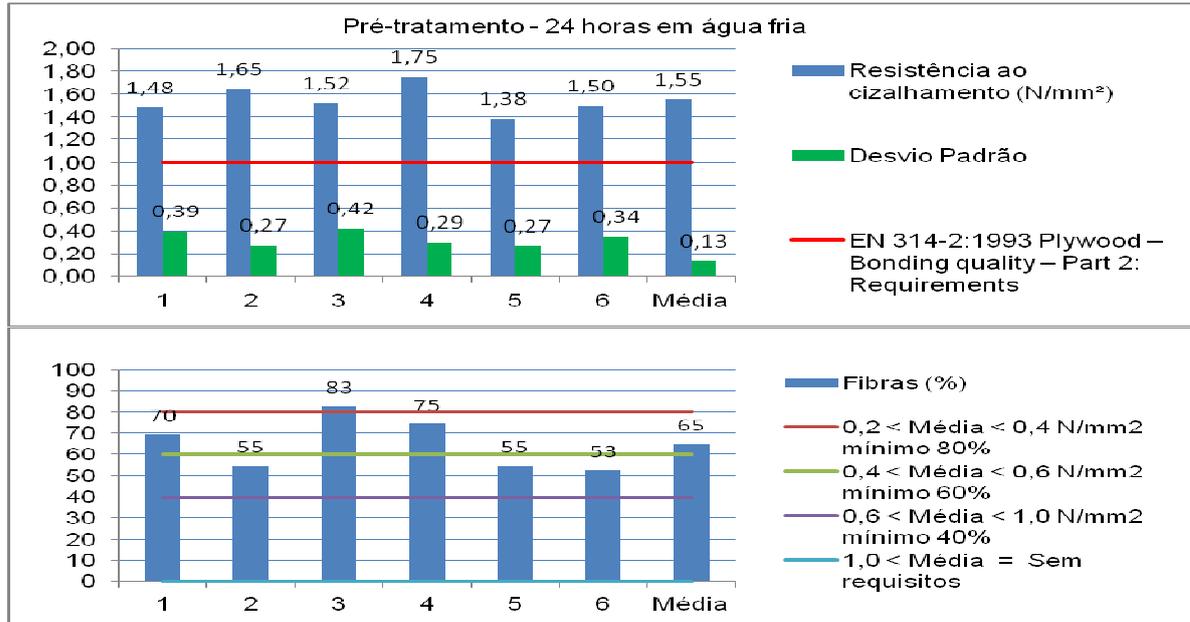


FIGURA 18. QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO A GRAMATURA ALTERADA – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

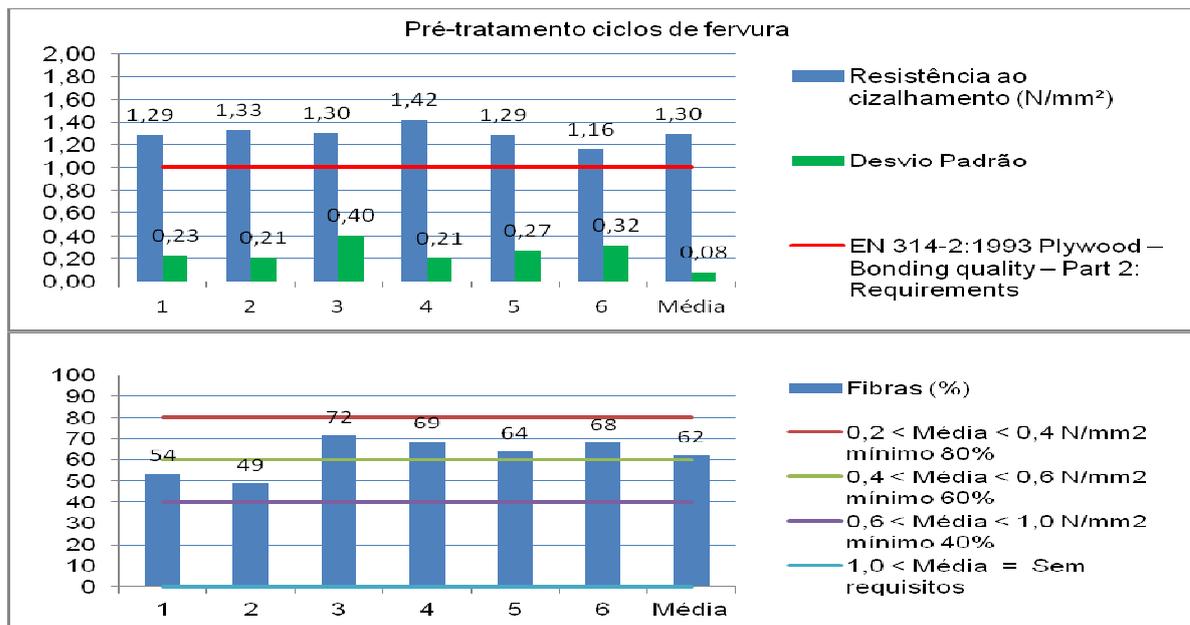


FIGURA 19. QUALIDADE DA COLAGEM DO 18 MM 11L UTILIZANDO A GRAMATURA ALTERADA – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Todos os resultados obtidos nos testes de colagem feitos em painéis colados com a gramatura reduzida ficaram acima de 1 N/mm², dando respaldo para a continuidade dos testes, visto atenderem plenamente os requisitos exigidos pela Norma BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements.

4.4 TESTES DE TEMPERATURA

4.4.1 Medição da Temperatura dos Pratos das Prensas

A empresa possui duas prensas para a colagem do compensado. Foram feitas medições de temperatura em três pontos da entrada e três pontos da saída de cada prato. Temperatura regulada para as prensas em 128º.

QUADRO 12. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DOS PRATOS DAS PRENSAS.

| Medição de temperatura da Prensa 01 | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|--------|---------|-------|-----------|-----------------|--------|---------|-------|-----------|
| Entrada da Prensa | | | | | | Saída da Prensa | | | | |
| Pratos | Esquerdo | Centro | Direito | Média | Diferença | Esquerdo | Centro | Direito | Média | Diferença |
| 1 | 128 | 129 | 126 | 128 | 3 | 127 | 128 | 128 | 128 | 1 |
| 2 | 128 | 128 | 127 | 128 | 1 | 126 | 129 | 128 | 128 | 3 |
| 3 | 127 | 129 | 127 | 128 | 2 | 128 | 130 | 129 | 129 | 2 |
| 4 | 126 | 128 | 127 | 127 | 2 | 124 | 127 | 126 | 126 | 3 |
| 5 | 128 | 130 | 126 | 128 | 4 | 124 | 126 | 124 | 125 | 2 |
| 6 | 127 | 128 | 125 | 127 | 3 | 126 | 128 | 128 | 127 | 2 |
| 7 | 126 | 129 | 127 | 127 | 3 | 125 | 126 | 124 | 125 | 2 |
| 8 | 125 | 127 | 126 | 126 | 2 | 124 | 125 | 123 | 124 | 2 |
| 9 | 127 | 128 | 126 | 127 | 2 | 125 | 126 | 126 | 126 | 1 |
| 10 | 126 | 129 | 127 | 127 | 3 | 127 | 129 | 128 | 128 | 2 |
| 11 | 126 | 129 | 125 | 127 | 4 | 126 | 128 | 125 | 126 | 3 |
| 12 | 126 | 128 | 126 | 127 | 2 | 127 | 127 | 126 | 127 | 1 |
| 13 | 128 | 129 | 127 | 128 | 2 | 124 | 126 | 125 | 125 | 2 |
| 14 | 125 | 127 | 125 | 126 | 2 | 125 | 128 | 127 | 127 | 3 |
| 15 | 126 | 128 | 127 | 127 | 2 | 127 | 129 | 128 | 128 | 2 |
| Medição de temperatura da Prensa 02 | | | | | | | | | | |
| Entrada da Prensa | | | | | | Saída da Prensa | | | | |
| Pratos | Esquerdo | Centro | Direito | Média | Diferença | Esquerdo | Centro | Direito | Média | Diferença |
| 1 | 128 | 130 | 127 | 128 | 3 | 128 | 130 | 129 | 129 | 2 |
| 2 | 129 | 130 | 128 | 129 | 2 | 128 | 129 | 128 | 128 | 1 |
| 3 | 127 | 128 | 128 | 128 | 1 | 125 | 128 | 127 | 127 | 3 |
| 4 | 129 | 130 | 127 | 129 | 3 | 124 | 127 | 126 | 126 | 3 |
| 5 | 128 | 129 | 127 | 128 | 2 | 125 | 129 | 128 | 127 | 4 |
| 6 | 129 | 130 | 128 | 129 | 2 | 129 | 130 | 129 | 129 | 1 |
| 7 | 128 | 129 | 127 | 128 | 2 | 127 | 128 | 126 | 127 | 2 |
| 8 | 128 | 128 | 126 | 127 | 2 | 127 | 128 | 127 | 127 | 1 |
| 9 | 129 | 129 | 127 | 128 | 2 | 128 | 129 | 128 | 128 | 1 |
| 10 | 128 | 130 | 129 | 129 | 2 | 125 | 128 | 126 | 126 | 3 |
| 11 | 128 | 129 | 126 | 128 | 3 | 125 | 127 | 127 | 126 | 2 |
| 12 | 127 | 129 | 128 | 128 | 2 | 126 | 129 | 127 | 127 | 3 |
| 13 | 127 | 128 | 128 | 128 | 1 | 127 | 129 | 129 | 128 | 2 |
| 14 | 127 | 130 | 129 | 129 | 3 | 126 | 129 | 128 | 128 | 3 |
| 15 | 128 | 131 | 127 | 129 | 4 | 126 | 128 | 126 | 127 | 2 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Conforme observado nas medições, a variação de temperatura apresentada foi pequena em todos os pratos das prensas, dando condições para a próxima etapa de testes: permanência dos painéis na prensa por menos tempo.

4.4.2 Medição de Temperatura no Centro das Chapas

Conforme informações obtidas junto aos Engenheiros químicos das empresas fornecedoras de resina, a mesma catalisa a uma temperatura de 110°. Como o compensado possui múltiplas camadas é importante que essa temperatura chegue ao centro da chapa, desta forma os testes de temperatura no painel de compensado foram todos efetuados nas camadas centrais do mesmo. Outro ponto importante é a troca de temperatura com o ambiente, ou seja, a parte mais fria da chapa durante a prensagem é a borda, dessa forma o termopar foi colocado sempre 8 (oito) centímetro para dentro da chapa.

A temperatura usada foi de 128°, as chapas ficaram na prensa durante os 18 minutos normais para que se observasse em que momento a temperatura atingia os 110° e quanto a temperatura estava atingindo no fim deste tempo. Abaixo seguem as medições da temperatura feitas durante o processo de prensagem. Durante os testes a temperatura ambiente estava acima de 20°.

QUADRO 13 – MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L.

| Tempo (minutos) | Temperatura em °C | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|-------|
| | Medição 01 | Medição 02 | Medição 03 | Média |
| "1 | 36,1 | 34,6 | 39,8 | 36,8 |
| "2 | 59,8 | 54,8 | 59,3 | 58,0 |
| "3 | 75,4 | 71,6 | 76,7 | 74,5 |
| "4 | 87,2 | 85,2 | 89,2 | 87,2 |
| "5 | 96,2 | 94,7 | 97,6 | 96,2 |
| "6 | 102,1 | 100,7 | 103,0 | 101,9 |
| "7 | 105,5 | 104,3 | 105,9 | 105,2 |
| "8 | 107,3 | 106,3 | 107,8 | 107,1 |
| "9 | 108,8 | 108,4 | 109,1 | 108,7 |
| "10 | 109,7 | 109,2 | 109,8 | 109,6 |
| "11 | 110,4 | 109,8 | 110,6 | 110,2 |
| "12 | 111,0 | 110,5 | 111,2 | 110,9 |
| "13 | 111,4 | 110,9 | 111,9 | 111,4 |
| "14 | 112,0 | 111,4 | 112,6 | 112,0 |
| "15 | 112,2 | 112,0 | 113,2 | 112,5 |
| "16 | 112,5 | 112,4 | 113,5 | 112,8 |
| "17 | 113,1 | 113,0 | 114,1 | 113,4 |
| "18 | 113,5 | 113,4 | 114,3 | 113,7 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Para uma melhor visualização do comportamento da temperatura dentro do painel de compensado foi traçado um gráfico com base nas medições demonstradas no QUADRO 13, analisando o gráfico pode-se observar que a temperatura se comportou de forma bastante parecida em todas as medições, o que dá uma segurança para que esta alteração seja adotada.

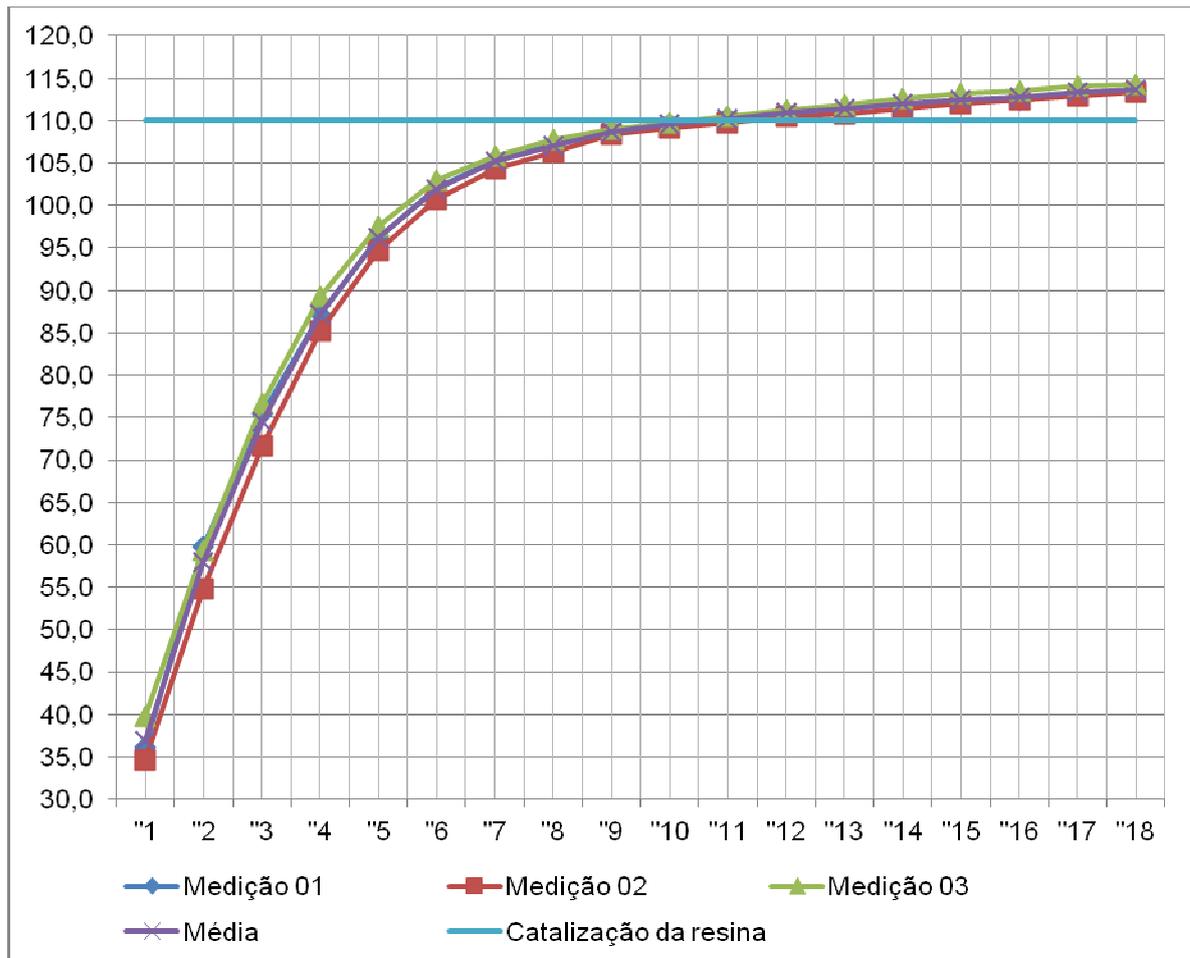


FIGURA 20. TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

4.5 TESTES DE CIZALHAMENTO COM TEMPO MENOR DE Prensagem

Conforme observado, a temperatura está chegando ao necessário entre 11 e 12 minutos de prensagem. Buscando uma margem de segurança foram feitos testes de cizalhamento em 6 (seis) chapas prensadas com um tempo de 15 minutos, mantendo a prensa com a temperatura regulada em 128° e a gramatura em 300 g/m². Abaixo seguem os resultados dos testes.

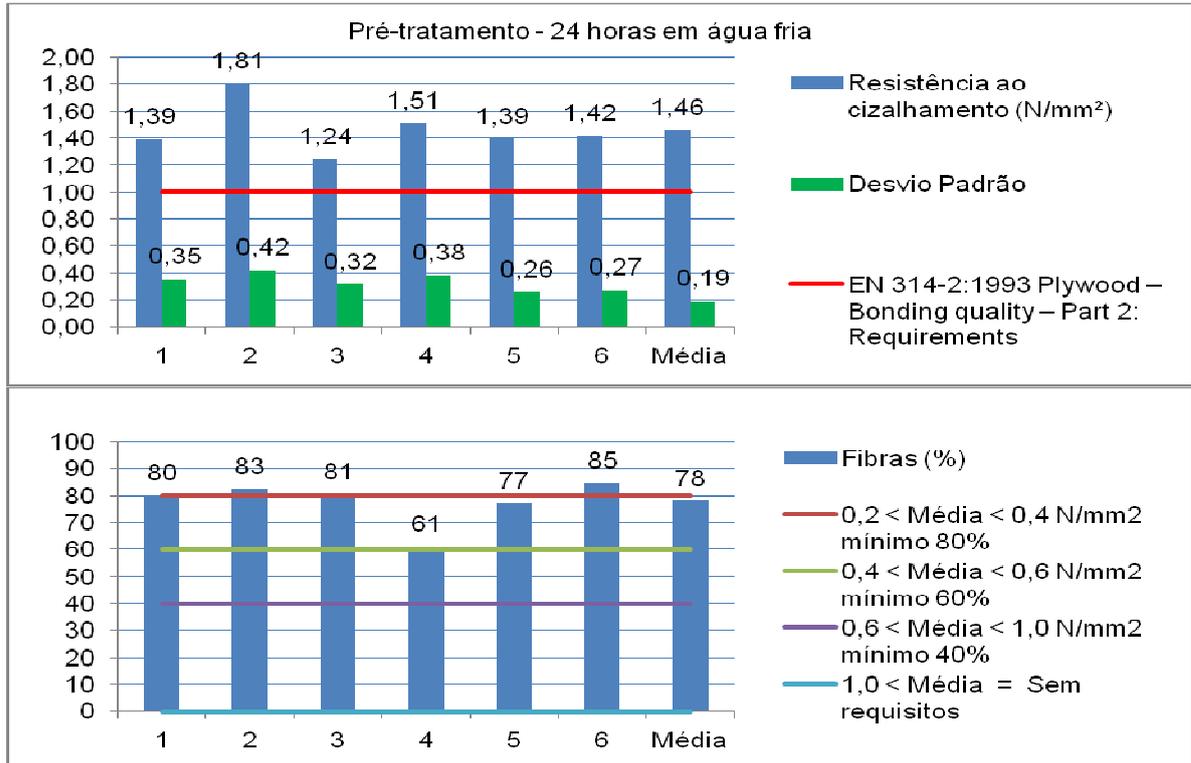


FIGURA 21. QUALIDADE DA COLAGEM 18MM 11L UTILIZANDO TEMPO MENOR DE Prensagem e Gramatura Reduzida – Pré-tratamento 24 horas em água fria.

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

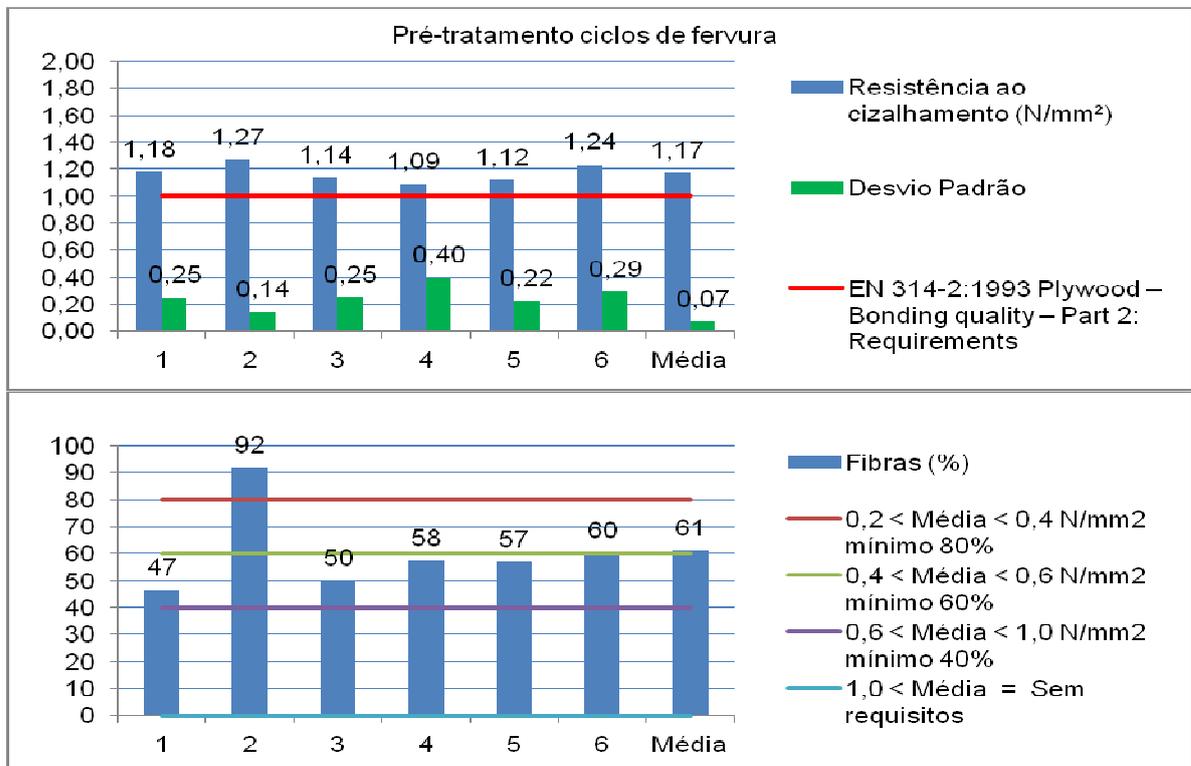


FIGURA 22. QUALIDADE DA COLAGEM 18MM 11L UTILIZANDO TEMPO MENOR DE Prensagem e Gramatura Reduzida – Pré-tratamento Ciclos de Fervura

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Os resultados obtidos ficaram dentro do desejado. Os seis painéis testados tiveram um bom desempenho nos testes de cisalhamento, sendo importante ressaltar que a Norma EN BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements diz que o percentual de fibras é necessária para a aprovação do painel sempre que o resultado do teste fica abaixo de 1 N/mm², o que não ocorreu em nenhum caso, pois todos os resultados foram superiores a força mínima exigida, o que é um bom indicativo para a adoção das modificações propostas.

4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO

Abaixo seguem as médias dos resultados dos testes para a tomada de decisão sobre o uso ou não das alterações no processo produtivo.

A primeira comparação é entre a qualidade da colagem dos painéis utilizando diferentes parâmetros para colagem e prensagem.

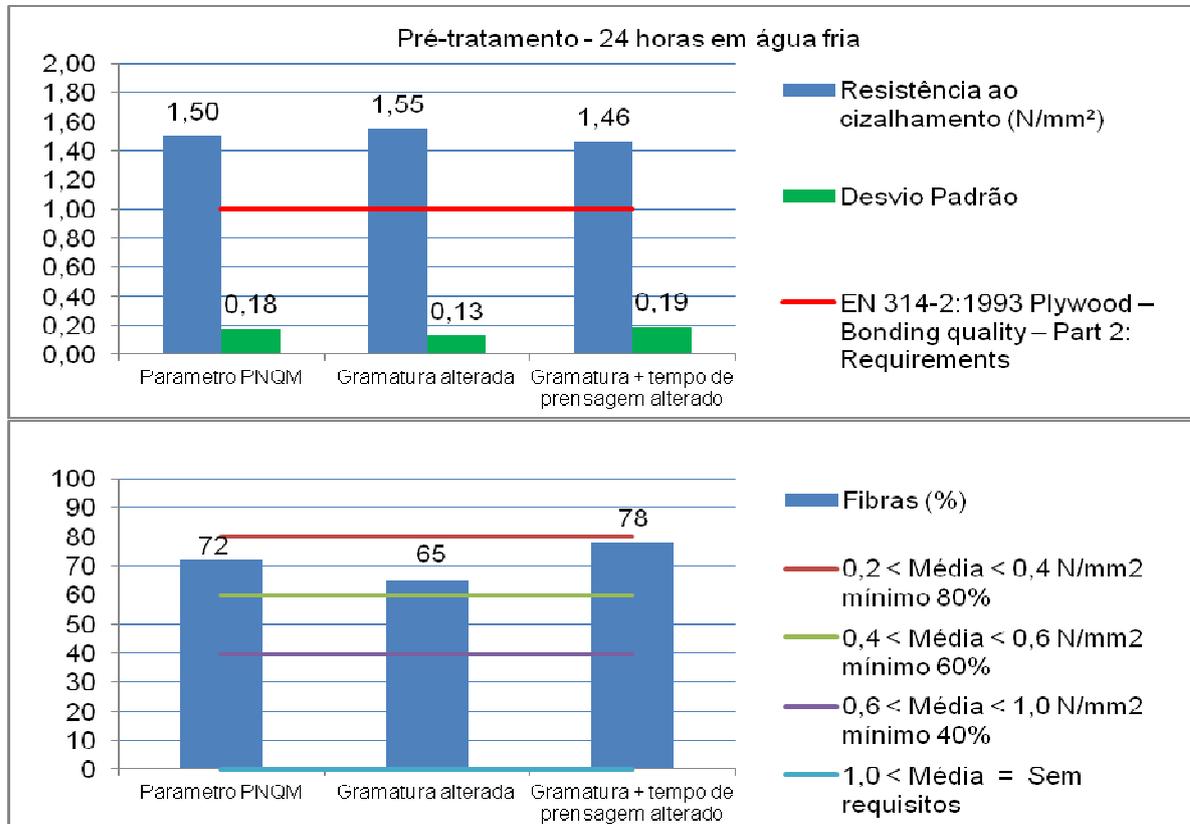


FIGURA 23. COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA.

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

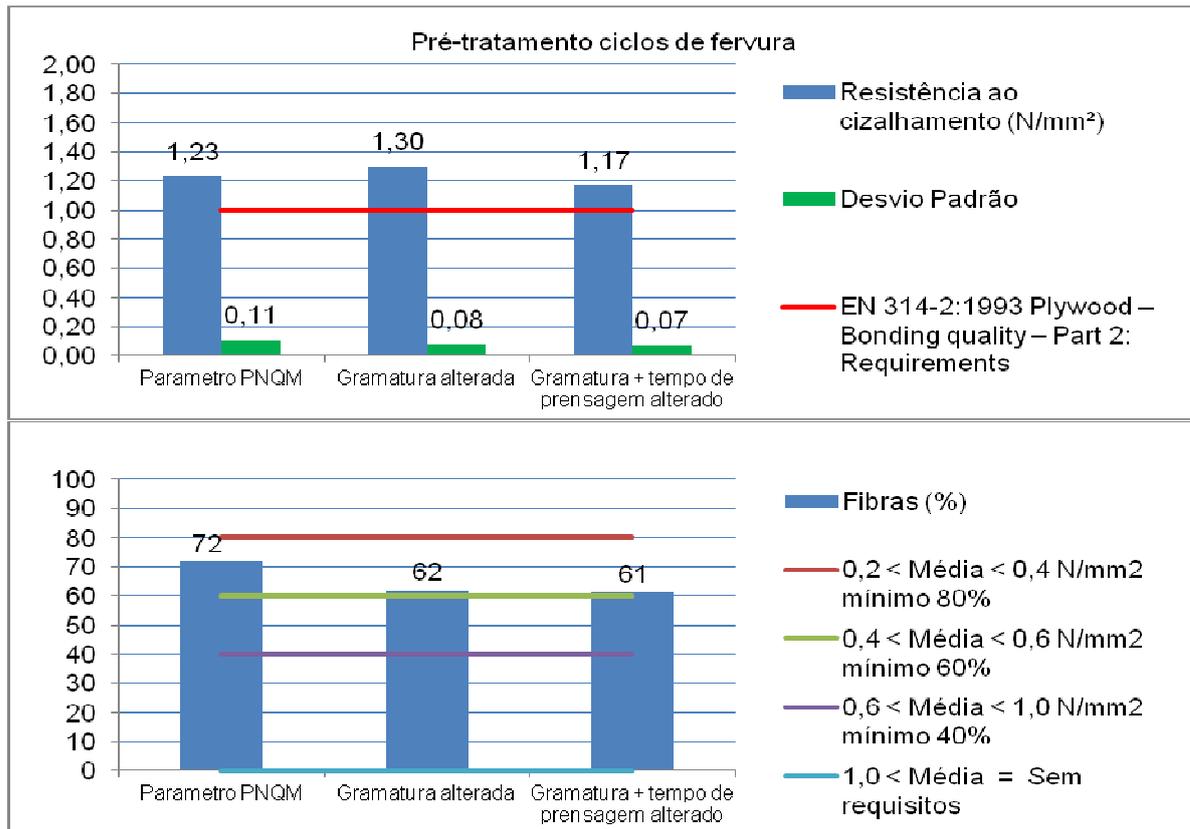


FIGURA 24. COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Observando os resultados médios dos testes pode-se observar que em nenhum tipo de colagem houve resultados abaixo de 1 N/mm², que é o mínimo exigido pela Norma BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements sem a exigência da verificação do percentual de fibras.

É interessante ressaltar que caso algum resultado tivesse ficado abaixo de 1 N/mm² a percentagem de fibras apresentadas nos testes foram mais do que suficientes para que a qualidade da colagem fosse aprovada. Como a média de fibras ficou acima de 60% poderíamos ter tido entre três e quatro vezes menos força no pré-tratamento em água fria e entre duas e três vezes menos força no pré-tratamento em ciclo de fervura que ainda assim a colagem atenderia os requisitos da norma.

Outro ponto interessante é a comparação entre a qualidade da colagem do 18 mm com 11 camadas (com os parâmetros alterados) e do 18 mm com 9 camadas. Para essa comparação foi usado o ITT (Initial Test Report – Relatório de Testes Iniciais) do 18 mm com 9 lâminas. A ideia aqui é comparar a qualidade da

colagem do 18 mm com os parâmetros alterados frente a um painel que já tem, devido ao menor número de camadas, menos cola por m³ em sua composição.

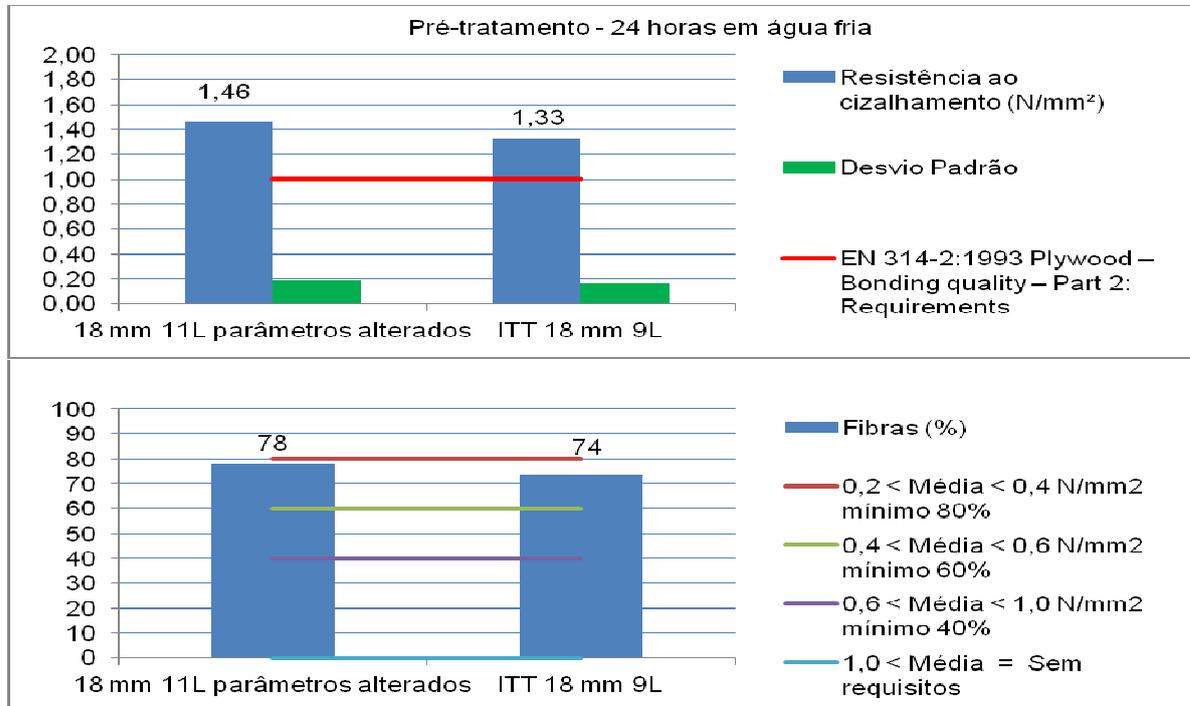


FIGURA 25. COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE O 18 MM 11L E O 18 MM 9L – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

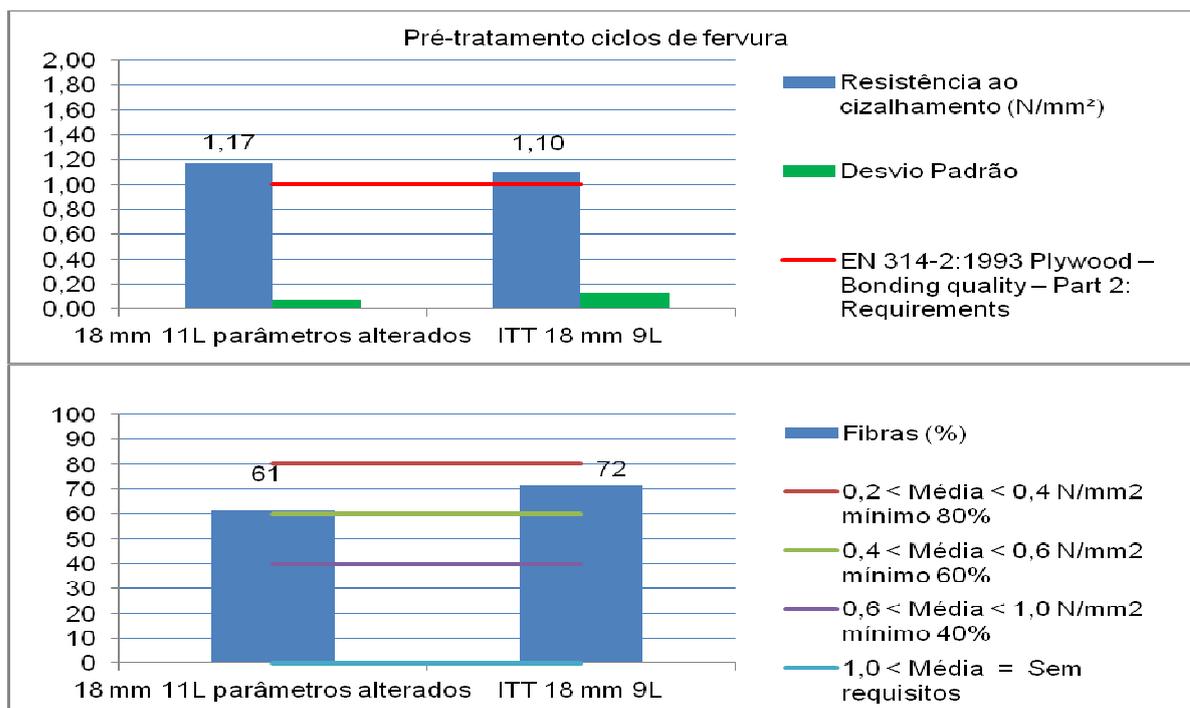


FIGURA 26. COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE O 18 MM 11L E O 18 MM 9L – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Analisando os resultados pode-se observar que os dois tipos de painéis atendem aos requisitos exigidos pela Norma BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements, apresentando tanto um bom resultado de força quanto uma boa quantidade de fibras.

Abaixo segue uma tabela com o comparativo entre os diferentes tipos de colagem testados no decorrer da pesquisa.

QUADRO 14. COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE OS DIFERENTES TIPOS DE COLAGEM TESTADOS

| QUALIDADE DA COLAGEM 18 mm 11L - Parametro PNQM x Gramatura alterada | | | | | | |
|--|--|---|---------------|------------------------------------|---|---------------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | |
| | Parametro PNQM | Gramatura alterada | Diferença (%) | Parametro PNQM | Gramatura alterada | Diferença (%) |
| Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | 1,50 | 1,55 | 3,23 | 1,23 | 1,30 | 5,38 |
| Fibras | 72 | 65 | -10,77 | 72 | 62 | -16,13 |
| QUALIDADE DA COLAGEM 18 mm 11L - Parametro PNQM x Gramatura + tempo de prensagem alterado | | | | | | |
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | |
| | Parametro PNQM | Gramatura + tempo de prensagem alterado | Diferença (%) | Parametro PNQM | Gramatura + tempo de prensagem alterado | Diferença (%) |
| Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | 1,50 | 1,46 | -2,74 | 1,23 | 1,17 | -5,13 |
| Fibras | 72 | 78 | 7,69 | 72 | 61 | -18,03 |
| QUALIDADE DA COLAGEM - ITT 18 mm 9L x Gramatura + tempo de prensagem alterado (18 mm 11L) | | | | | | |
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | |
| | ITT 18 mm 9L | Gramatura + tempo de prensagem alterado | Diferença (%) | ITT 18 mm 9L | Gramatura + tempo de prensagem alterado | Diferença (%) |
| Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | 1,33 | 1,46 | 8,90 | 1,10 | 1,17 | 5,98 |
| Fibras | 74 | 78 | 5,13 | 72 | 61 | -18,03 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Conforme os resultados apurados, no pré-tratamento em água fria não houve mudança significativa nos resultados da qualidade da colagem, tanto na resistência ao cisalhamento quanto no percentual de fibras.

Quanto aos resultados do pré-tratamento com ciclos de fervura, que é o teste que mais exige da colagem do compensado, pode-se observar que no quesito da resistência ao cisalhamento também não houve alterações significativas, variando 5% para mais ou para menos. O quesito que teve uma maior redução com os parâmetros alterados foi o percentual de fibras, o qual diminuiu 18% em relação às chapas coladas com os parâmetros do PNQM.

Mesmo com essa redução no percentual de fibras, analisando a qualidade da colagem dos testes frente aos requisitos da norma EN314-2:1993; Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements nenhum painel foi reprovado, atendendo a Norma plenamente.

Com base nestes pareceres a empresa optou por produzir uma quantidade maior de chapas com os dois parâmetros alterados, adotando a gramatura em 300 g/m² e o tempo de prensagem em 15 minutos com a temperatura regulada em 128º para a chapa com 18 mm.

4.7 LEVANTAMENTO DOS ÍNDICES DE ESTOURO APÓS AS ALTERAÇÕES PROPOSTAS

Abaixo seguem os índices de estouro utilizando os parâmetros propostos e um comparativo entre a porcentagem média de chapas estouradas com os parâmetros antigos contra a média de chapas estouradas com os novos parâmetros.

QUADRO 15. ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS DE 18 MM 11 CAMADAS COLADAS COM OS PARÂMETROS PROPOSTOS

| Período | Chapas coladas (m3) | Chapas estouradas (m3) | Índice de estouro (%) |
|---------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 01 | 183,938 | 1,688 | 0,92 |
| 02 | 118,519 | 1,013 | 0,85 |
| 03 | 127,238 | 1,338 | 1,05 |
| Total | 429,695 | 4,039 | 0,94 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

QUADRO 16. ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS – PARÂMETROS ANTIGOS X PARÂMETROS PROPOSTOS

| Chapas estouradas | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------|
| Parâmetros antigos (Média) | Parâmetros novos (Média) | Diferença (%) |
| 2,54 | 0,94 | -62,99 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Conforme os dados apurados a conclusão é de que os resultados foram bastante animadores, pois apesar do estouro de chapas não ter zerado a redução do mesmo foi bastante satisfatória, caindo para menos da metade do que ocorria anteriormente. Um efeito colateral bastante significativo foi que as chapas coladas com o tempo de prensagem reduzido tem apresentado um empenamento muito menor do que o normal.

4.8 NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO

No decorrer da produção foram feitos novos testes de cizalhamento para comprovar o atendimento a Norma EN314-2:1993; Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements, sendo que os resultados continuaram satisfatórios, mantendo-se sempre acima de 1 N/mm².

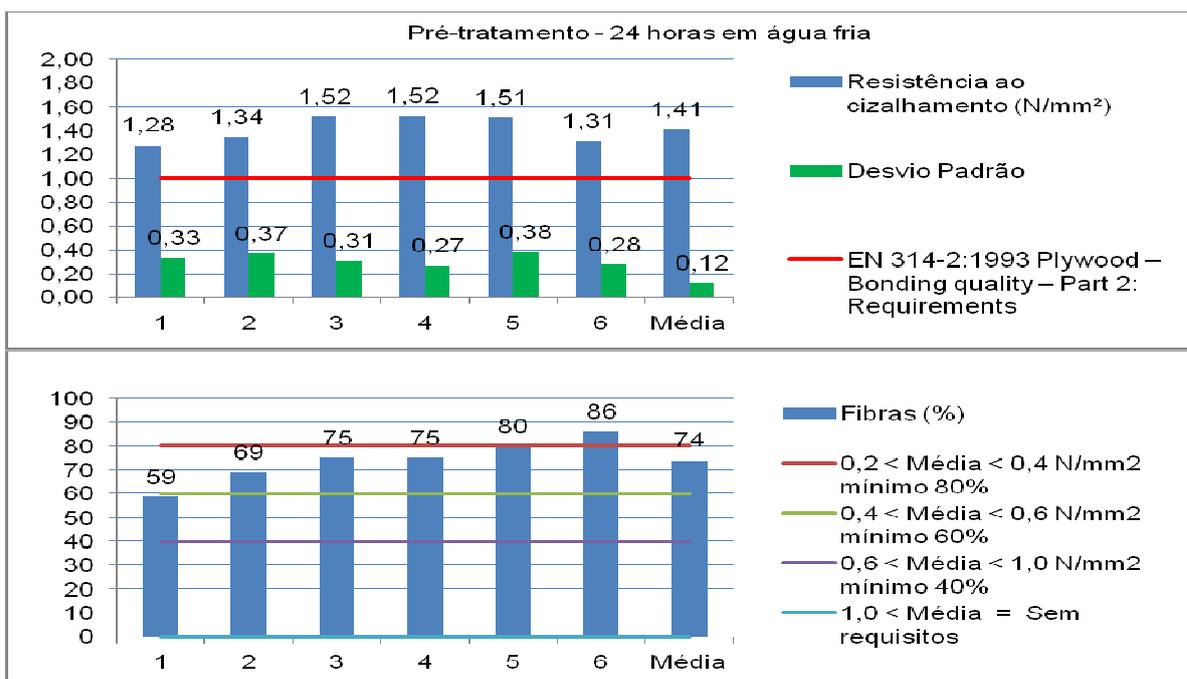


FIGURA 27. NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO 18 MM 11L COM OS PARÂMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO 24 HORAS EM ÁGUA FRIA.

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

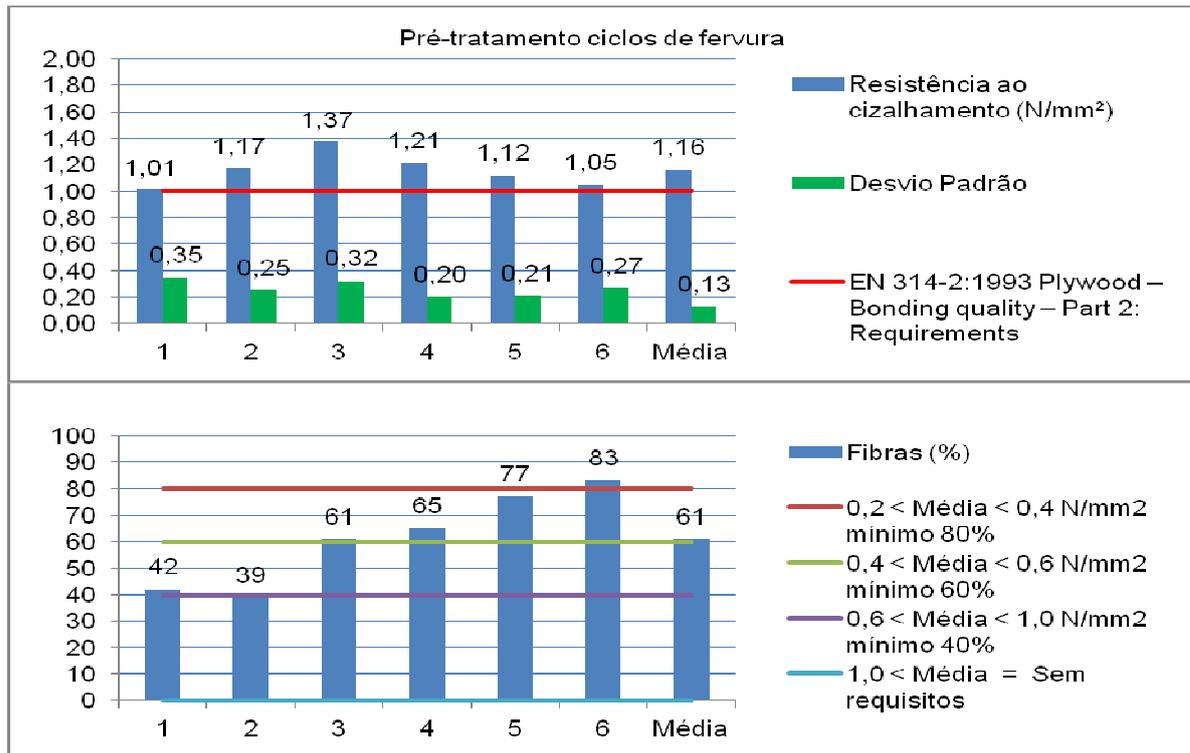


FIGURA 28. NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO 18 MM 11L COM OS PARÂMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA.
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

4.9 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NA CATALIZAÇÃO DA RESINA

Uma constatação muito importante é quanto à temperatura ambiente, em épocas muito frias, quando a mesma cai abaixo dos 10^o C dentro da fábrica deve-se voltar o tempo ao normal para que não se comprometa a colagem da borda da chapa. O tempo que a temperatura levou para chegar aos 110^o estipulados como o ponto de catalização da resina foi bem maior do que em um dia quente, subindo dos 11 minutos anteriormente constatados para 17 minutos.

Para esclarecer melhor segue uma medição da temperatura no centro da chapa em um dia nessas condições de temperatura.

Logo depois do quadro com os valores de temperatura medidos dentro da chapa temos um gráfico que demonstra de forma mais clara a evolução da temperatura, onde se pode observar que a curva se comportou de forma parecida em todas as medições.

QUADRO 17 – MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L (TEMPERATURA AMBIENTE ABAIXO DE 10° C).

| Tempo (minutos) | Temperatura em °C | | | |
|-----------------|-------------------|------------|------------|-------|
| | Medição 01 | Medição 02 | Medição 03 | Média |
| "1 | 34,2 | 39,6 | 36,8 | 36,9 |
| "2 | 57,9 | 58,5 | 56,1 | 57,5 |
| "3 | 72,9 | 75,2 | 72,4 | 73,5 |
| "4 | 83,6 | 87,5 | 85,1 | 85,4 |
| "5 | 96,5 | 96,0 | 95,0 | 95,8 |
| "6 | 101,4 | 101,1 | 99,5 | 100,7 |
| "7 | 102,5 | 103,4 | 102,8 | 102,9 |
| "8 | 103,6 | 104,8 | 103,5 | 104,0 |
| "9 | 104,6 | 105,5 | 104,1 | 104,7 |
| "10 | 105,4 | 105,9 | 104,7 | 105,3 |
| "11 | 106,3 | 106,4 | 105,5 | 106,1 |
| "12 | 107,2 | 106,9 | 106,1 | 106,7 |
| "13 | 108,0 | 107,6 | 106,8 | 107,5 |
| "14 | 109,1 | 108,1 | 107,6 | 108,3 |
| "15 | 109,8 | 108,9 | 108,3 | 109,0 |
| "16 | 110,6 | 109,5 | 108,9 | 109,7 |
| "17 | 111,2 | 110,2 | 109,9 | 110,4 |
| "18 | 112,0 | 111,1 | 110,5 | 111,2 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

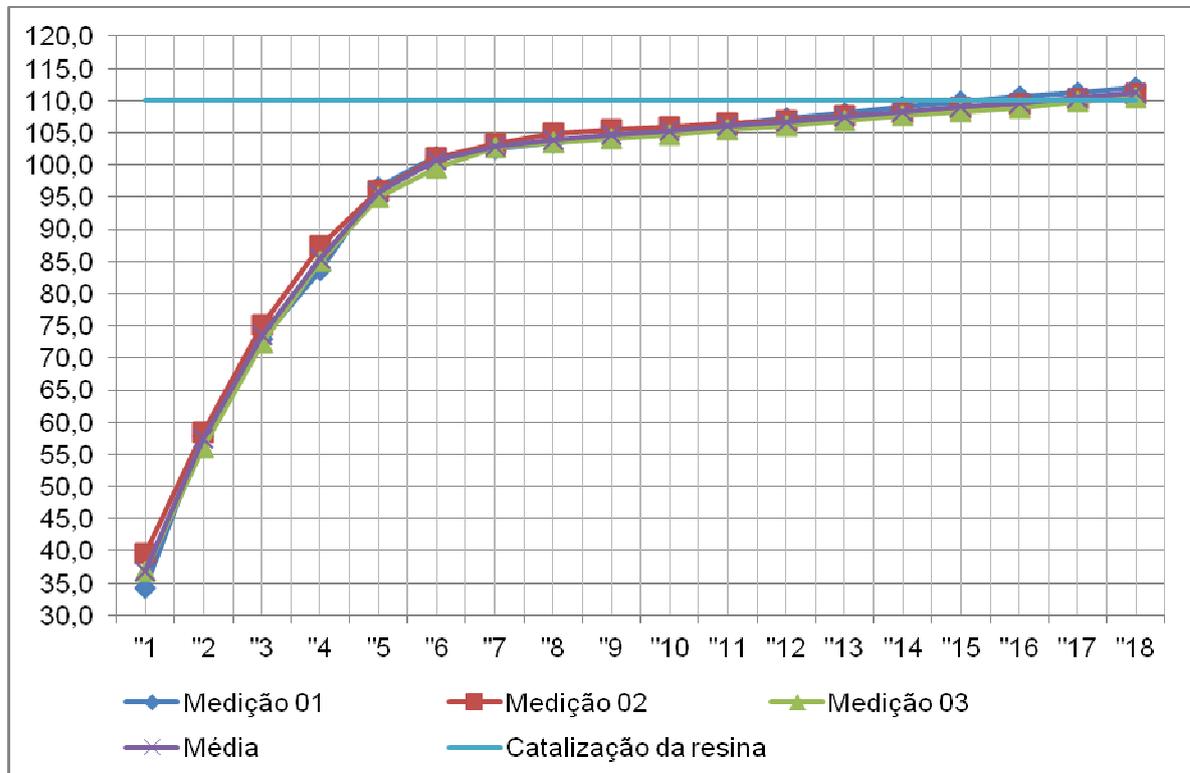


FIGURA 29. MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L (TEMPERATURA AMBIENTE ABAIXO DE 10° C).

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Em seguida temos um gráfico com a média das medições da temperatura dentro da chapa com a temperatura ambiente acima de 20° (QUADRO 13) comparada com a média das medições com a temperatura ambiente abaixo de 10° (QUADRO 17). Aqui se pode observar claramente a diferença da evolução da temperatura conforme a condição climática.

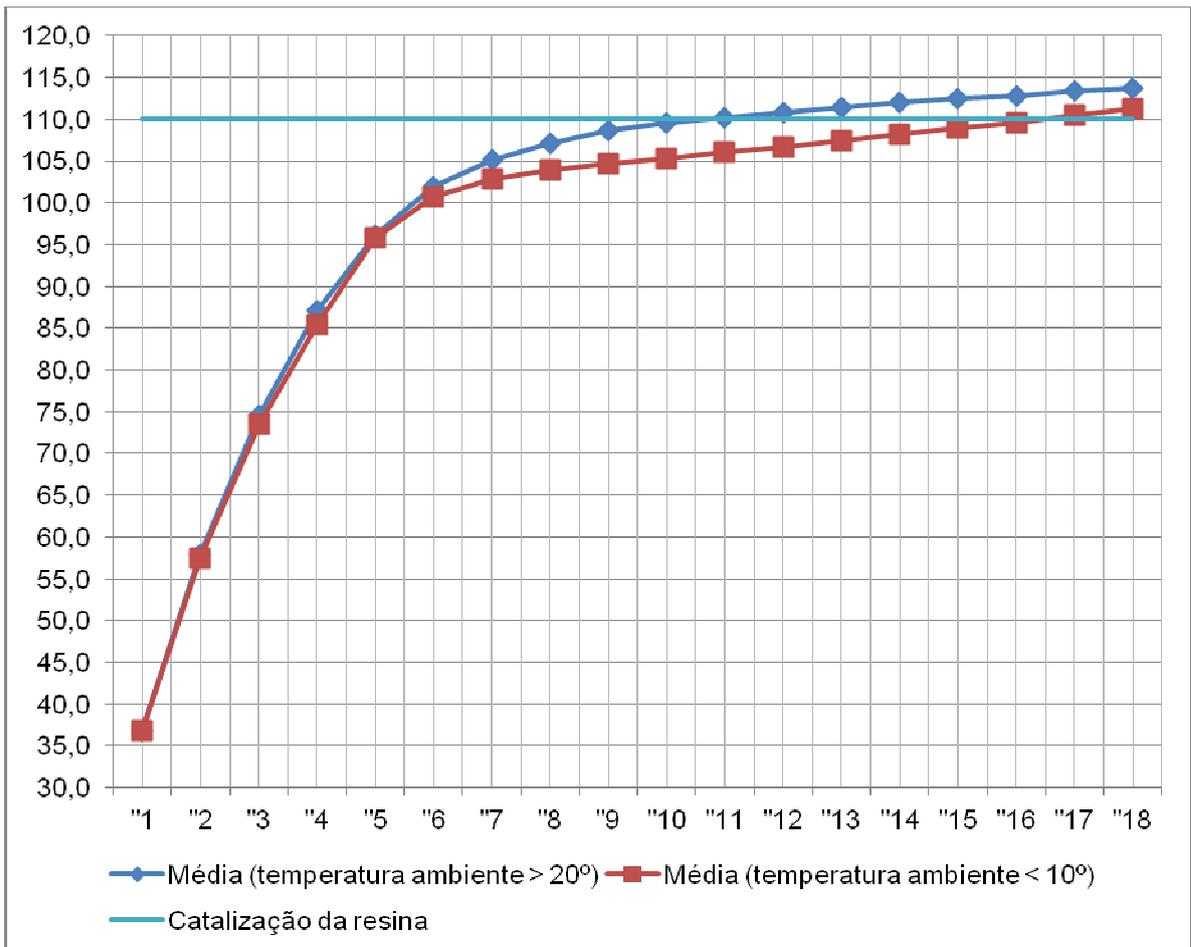


FIGURA 30. MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO CENTRO DA CHAPA DE 18 MM COM 11L (COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TEMPERATURAS AMBIENTE).
 FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Resumindo, a gramatura foi mantida em 300 g/m², enquanto que o tempo de prensagem ficou atrelado à temperatura ambiente, ficando reduzida na maior parte do ano e voltando ao normal em dias muito frios. Trabalhando apenas com o parâmetro da gramatura modificado houve uma alteração no índice de estouros, mas ainda assim com uma média menor do que os índices iniciais.

QUADRO 18. ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS DE 18 MM 11 CAMADAS COM A GRAMATURA REDUZIDA E TEMPO DE PRENSAGEM NORMAL

| Período | Chapas coladas (m3) | Chapas estouradas (m3) | Índice de estouro (%) |
|---------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 01 | 40,500 | 0,606 | 1,49 |
| 02 | 37,125 | 0,519 | 1,40 |
| Total | 77,625 | 1,125 | 1,45 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

QUADRO 19. ÍNDICES DE ESTOURO DAS CHAPAS – PARÂMETROS ANTIGOS X GRAMATURA REDUZIDA E TEMPO DE PRENSAGEM NORMAL

| Chapas estouradas | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------|
| Parâmetros antigos (Média) | Parâmetros novos (Média) | Diferença (%) |
| 2,54 | 1,45 | -42,91 |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

4.10 NOVOS PARÂMETROS APLICADOS NAS DEMAIS MONTAGENS

Devido à redução do índice de estouro atrelado ao atendimento dos requisitos referentes à qualidade da colagem a redução de gramatura para 300 g/m² foi estendida para todas as montagens produzidas na empresa que utilizam o miolo da cola com 2,2 mm (12 mm com 7 lâminas, 15 mm com 9 lâminas e 21 mm com 13 lâminas). O tempo de prensagem reduzido foi estendido a todas as montagens de cada espessura, independente da gramatura utilizada, ficando conforme o quadro a seguir.

QUADRO 20. NOVOS TEMPOS DE PRENSAGEM

| Espessura | Temperatura de prensagem | Tempo de prensagem |
|---------------------|--------------------------|--------------------|
| 12 mm 7L | 128° C | 10 minutos |
| 15 mm 7L e 9L | 128° C | 12 minutos |
| 18 mm 9L, 11L e 13L | 128° C | 15 minutos |
| 21 mm 11L e 13L | 128° C | 20 minutos |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Abaixo seguem as médias dos testes de cisalhamento feitos nestas montagens com os parâmetros de gramatura e tempo de prensagem alterados.

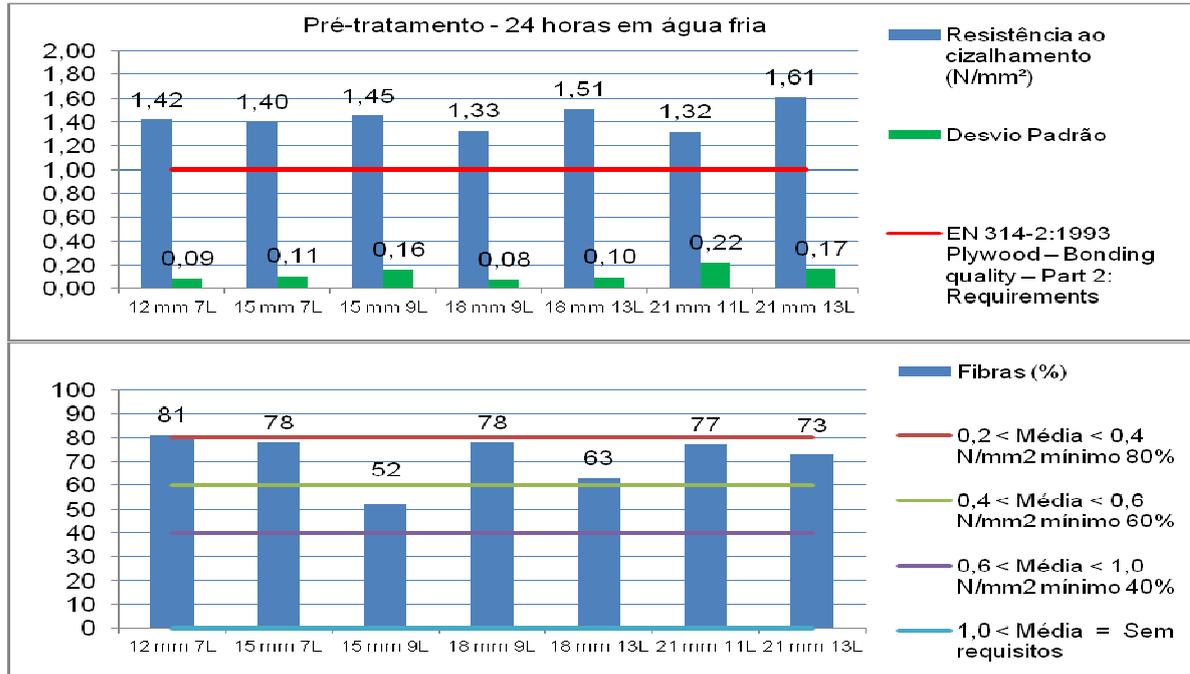


FIGURA 31. MÉDIA DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DAS DEMAIS MONTAGENS COM PARÂMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO EM ÁGUA FRIA.
FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

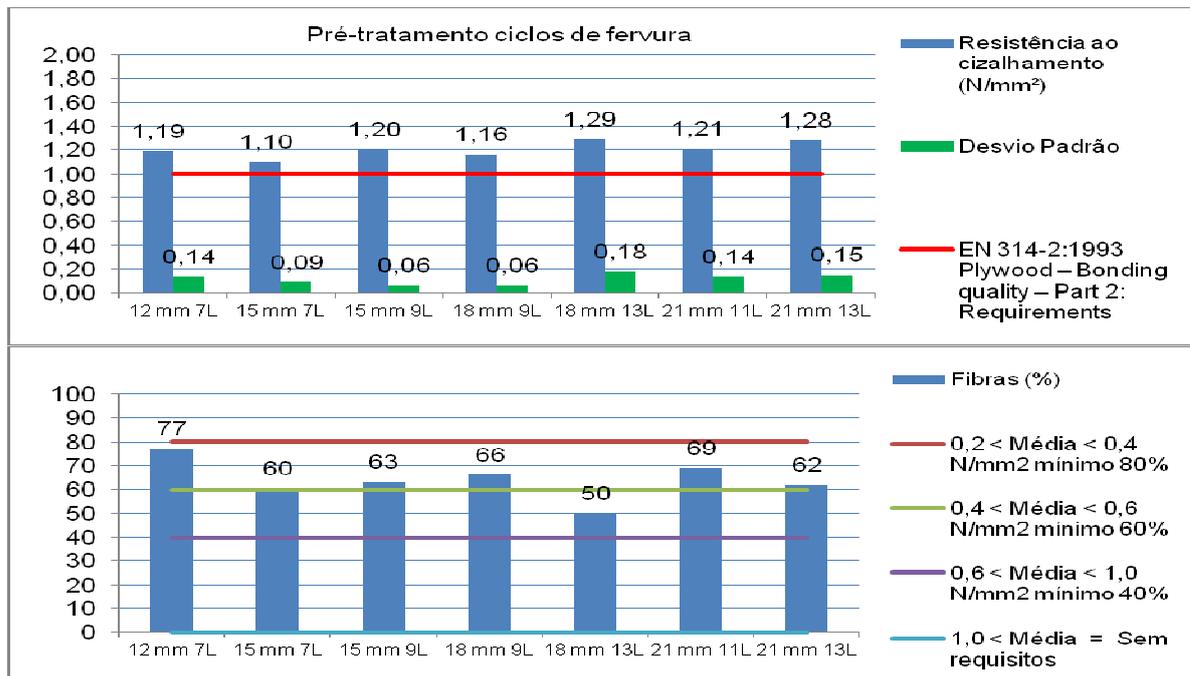


FIGURA 32. MÉDIA DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DAS DEMAIS MONTAGENS COM PARÂMETROS ALTERADOS – PRÉ-TRATAMENTO CICLOS DE FERVURA.
FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Analisando os gráficos observa-se que os resultados médios de todas as montagens apresentaram uma boa força (acima de 1 N/mm²), bem como uma percentagem considerável de fibras, atendendo plenamente os requisitos da BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements.

4.11 CONCLUSÃO

Conclui-se neste estudo que:

Diminuindo somente a gramatura foi obtida uma redução de 42,91% do índice de estouro e diminuindo a gramatura e o tempo de prensagem chegou-se a uma redução de 62,99% no índice de estouro, em ambos os casos mantendo-se a qualidade da colagem conforme com os critérios da Norma EN BS EN 314-2:1993 - Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements.

A temperatura ambiente influencia na colagem do compensado, em dias muito frios a temperatura leva mais tempo para chegar ao centro da chapa, fazendo com que a mesma precise ficar mais tempo dentro da prensa, enquanto que em dias com temperaturas mais altas pode-se trabalhar com um tempo de prensagem reduzido.

5. REFERÊNCIAS

ABIMCI; **CE Marking**. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/index.php/certificacoes/ce-marking>> acesso em 08 de fev. 2013.

ABIMCI; **PNQM – Compensado de Pinus: Catálogo técnico**. Nº 1, Revisão 0; Setembro 2002.

ABIMCI; **PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira**. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/index.php/certificacoes/pnqm-compensado>> acesso em 08 de fev. 2013.

ABIMCI; **PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira: Modelo do Manual da Qualidade**. MQ-001, Revisão 2. Curitiba-PR. Setembro 2004.

ABIMCI; **PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira: Parâmetros**. Revisão 5. Curitiba-PR. Janeiro 2009.

ALBUQUERQUE, Carlos Eduardo Camargo de. **A história do compensado**. Revista da Madeira, Curitiba-PR: Lettech Editora e Gráfica Ltda, ano 8, nº 29, abril 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Madeira Compensada – Vocabulário**. ABNT NBR ISO 2074:2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Madeira Compensada – Qualidade de colagem - Parte 1: Métodos de ensaio**. ABNT NBR ISO 12466-1:2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Madeira Compensada – Qualidade de colagem - Parte 2: Requisitos**. ABNT NBR ISO 12466-2:2006.

COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO – NORMA EUROPÉIA. **Placas de derivados de madeira – Determinação das dimensões dos provetes**. NP EN 325:2002.

COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO – NORMA EUROPÉIA. **Placas de derivados de madeira – Amostragem, corte e inspeção – Parte 1: Amostragem e corte dos provetes e expressão dos resultados dos ensaios**. NP EN 326-1:2002.

EUROPEAN COMITEE FOR STANDARDIZATION - EUROPEAN STANDARD. **Plywood – Bonding quality – Part 1: Test Methods**. BS EN 314-1:2004.

EUROPEAN COMITEE FOR STANDARDIZATION - EUROPEAN STANDARD. **Plywood – Bonding quality – Part 2: Requirements**. BS EN 314-2:1993.

IOPE – INSTRUMENTOS DE PRECISÃO. **Temperatura: Introdução conceitual.** Disponível em: http://www.iope.com.br/3i_introducao.htm> acesso em 02 de ago. 2013.

IOPE – INSTRUMENTOS DE PRECISÃO. **Temperatura: Termopares.** Disponível em: http://www.iope.com.br/3ia1_termopares.htm> acesso em 02 de ago. 2013.

IWAKIRI, Setsuo. **Painéis Compensados.** URPR – DETF. <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassetsuo/3.ppt>> acesso em 25 de jul. 2013.

IWAKIRI, Setsuo. **Painéis de Madeira.** Maio de 2003. Disponível em : http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos_download.php?num=1121&categoria=Pain%E9is&subcategoria=Pain%E9is&title=Pain%E9is%20de%20madeira:%20caracter%EDsticas%20tecnol%F3gicas%20e%20aplica%E7%F5es> acesso em 25 de jul. 2013.

MOREIRA, LÚCIA. **Medição de Temperatura Usando-se Termopar.** Revista Cerâmica Industrial, 7. Setembro/Outubro, 2002. Disponível em: http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n05/v7n5_6.pdf> acesso em 02 de ago. 2013.

PG ELETRÔNICA. **Termopares.** Disponível em: <http://pgeletronica.com.br/modules/mydownloads/viewcat.php?cid=4&min=15&orderby=titleA&show=5>> acesso em 01 de ago. 2013.

REVISTA REFERÊNCIA. **Capa - Especial Adesivos.** Disponível em: http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver_conteudo.php&uid=435&edicao2=40> acesso em 01 de ago. 2013.

REVISTA ESCOLA. **Gráficos e tabelas para organizar informações.** Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/fundamental-1/graficos-tabelas-organizar-informacoes-646489.shtml>> acesso em 07 de ago. 2013.

SANTORO, Valdir; SILVA, Jacob da; MICHÉA, Edson J. **Workshop; Adesivos para a indústria da madeira;** Royalplás; Agosto de 2003.

SISTEMA GALILEU DE EDUCAÇÃO ESTATÍSTICA - USP. **Gráficos: Aspectos gerais e finalidades.** Disponível em: <http://www.galileu.esalq.usp.br/topico.html>> acesso em 07 de ago. 2013.

SISTEMA GALILEU DE EDUCAÇÃO ESTATÍSTICA - USP. **Gráficos de barras.** Disponível em: http://www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=219> acesso em 07 de ago. 2013.

SISTEMA GALILEU DE EDUCAÇÃO ESTATÍSTICA - USP. **Gráficos de linhas.** Disponível em: http://www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=220> acesso em 07 de ago. 2013.

VICK, Charles B. et al. **Wood Handbook – Wood as an Engineering Material**. United States Department of Agriculture. General Technical Report FPL-GTR-113. Madison, WI. 1999.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Medição de temperatura**. Disponível em: <http://www.labmetro.ufsc.br/Disciplinas/EMC5236/Temperatura.pdf>> acesso em 31 jul. 2013.

UPM. **Handbook of Finnish Plywood**. Disponível em: http://www.upm.com/cn/products/plywood/Documents/Handbook_EN.pdf> acesso em 25 de jul. 2013.

APÊNDICE

Dados das FIGURAS 16 e 17:

QUADRO 21 – RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO NOS PAINÉIS COM 18 MM 11 CAMADAS UTILIZANDO OS PARÂMETROS DO PNQM PARA A COLAGEM

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cisalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cisalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| 1 | 1,45 | 0,31 | 82 | 0 | Conforme | 1,12 | 0,22 | 79 | 0 | Conforme |
| 2 | 1,24 | 0,32 | 76 | 0 | Conforme | 1,18 | 0,24 | 69 | 0 | Conforme |
| 3 | 1,22 | 0,29 | 77 | 0 | Conforme | 1,07 | 0,29 | 92 | 0 | Conforme |
| 4 | 1,33 | 0,46 | 87 | 0 | Conforme | 1,14 | 0,26 | 80 | 0 | Conforme |
| 5 | 1,47 | 0,39 | 83 | 0 | Conforme | 1,17 | 0,36 | 87 | 0 | Conforme |
| 6 | 1,60 | 0,42 | 76 | 0 | Conforme | 1,33 | 0,36 | 77 | 0 | Conforme |
| 7 | 1,58 | 0,53 | 70 | 0 | Conforme | 1,40 | 0,56 | 64 | 0 | Conforme |
| 8 | 1,66 | 0,55 | 68 | 0 | Conforme | 1,39 | 0,64 | 53 | 0 | Conforme |
| 9 | 1,74 | 0,38 | 50 | 0 | Conforme | 1,24 | 0,25 | 60 | 0 | Conforme |
| 10 | 1,65 | 0,26 | 54 | 0 | Conforme | 1,24 | 0,19 | 55 | 0 | Conforme |
| Média | 1,50 | 0,18 | 72 | 0 | Conforme | 1,23 | 0,11 | 72 | 0 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Dados das FIGURAS 18 e 19:

QUADRO 22 – RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO NOS PAINÉIS DE 18 MM COM 11 CAMADAS UTILIZANDO A GRAMATURA REDUZIDA

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cisalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cisalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| 1 | 1,48 | 0,39 | 70 | 0 | Conforme | 1,29 | 0,23 | 54 | 0 | Conforme |
| 2 | 1,65 | 0,27 | 55 | 0 | Conforme | 1,33 | 0,21 | 49 | 0 | Conforme |
| 3 | 1,52 | 0,42 | 83 | 0 | Conforme | 1,30 | 0,40 | 72 | 0 | Conforme |
| 4 | 1,75 | 0,29 | 75 | 0 | Conforme | 1,42 | 0,21 | 69 | 0 | Conforme |
| 5 | 1,38 | 0,27 | 55 | 0 | Conforme | 1,29 | 0,27 | 64 | 0 | Conforme |
| 6 | 1,50 | 0,34 | 53 | 0 | Conforme | 1,16 | 0,32 | 68 | 0 | Conforme |
| Média | 1,55 | 0,13 | 65 | 0 | Conforme | 1,30 | 0,08 | 62 | 0 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Dados das FIGURAS 21 e 22:

QUADRO 23 – RESULTADOS DOS TESTES DE CIZALHAMENTO NOS PAINÉIS COM 18 MM 11 CAMADAS UTILIZANDO MENOR TEMPO DE Prensagem e GRAMATURA REDUZIDA

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| 1 | 1,39 | 0,35 | 80 | 0 | Conforme | 1,18 | 0,25 | 47 | 0 | Conforme |
| 2 | 1,81 | 0,42 | 83 | 0 | Conforme | 1,27 | 0,14 | 92 | 0 | Conforme |
| 3 | 1,24 | 0,32 | 81 | 0 | Conforme | 1,14 | 0,25 | 50 | 0 | Conforme |
| 4 | 1,51 | 0,38 | 61 | 0 | Conforme | 1,09 | 0,40 | 58 | 0 | Conforme |
| 5 | 1,39 | 0,26 | 77 | 0 | Conforme | 1,12 | 0,22 | 57 | 10 | Conforme |
| 6 | 1,42 | 0,27 | 85 | 0 | Conforme | 1,24 | 0,29 | 60 | 0 | Conforme |
| Média | 1,46 | 0,19 | 78 | 0 | Conforme | 1,17 | 0,07 | 61 | 1,67 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Dados das FIGURAS 23 e 24:

QUADRO 24 – COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO ENTRE OS DIFERENTES PARÂMETROS UTILIZADOS.

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| Parametro PNQM | 1,50 | 0,18 | 72 | 0 | Conforme | 1,23 | 0,11 | 72 | 0 | Conforme |
| Gramatura alterada | 1,55 | 0,13 | 65 | 0 | Conforme | 1,30 | 0,08 | 62 | 0 | Conforme |
| Gramatura + tempo de prensagem alterado | 1,46 | 0,19 | 78 | 0 | Conforme | 1,17 | 0,07 | 61 | 0 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Dados das FIGURAS 25 e 26:

QUADRO 25 – COMPARATIVO DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DO 18 MM 11L COM PARÂMETROS ALTERADOS X 18 MM 9L COM PARÂMETROS PNQM

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| 18 mm 11L parâmetros alterados | 1,46 | 0,19 | 78 | 0 | Conforme | 1,17 | 0,07 | 61 | 1,67 | Conforme |
| ITT 18 mm 9L | 1,33 | 0,16 | 74 | 1,00 | Conforme | 1,10 | 0,12 | 72 | 3,00 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Dados das FIGURAS 27 e 28:

QUADRO 26 – NOVOS TESTES DE CIZALHAMENTO DO 18 MM 11L COM OS PARÂMETROS ALTERADOS

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| 1 | 1,28 | 0,33 | 59 | 0 | Conforme | 1,01 | 0,35 | 42 | 0 | Conforme |
| 2 | 1,34 | 0,37 | 69 | 0 | Conforme | 1,17 | 0,25 | 39 | 10 | Conforme |
| 3 | 1,52 | 0,31 | 75 | 10 | Conforme | 1,37 | 0,32 | 61 | 0 | Conforme |
| 4 | 1,52 | 0,27 | 75 | 0 | Conforme | 1,21 | 0,20 | 65 | 0 | Conforme |
| 5 | 1,51 | 0,38 | 80 | 0 | Conforme | 1,12 | 0,21 | 77 | 0 | Conforme |
| 6 | 1,31 | 0,28 | 86 | 0 | Conforme | 1,05 | 0,27 | 83 | 0 | Conforme |
| Média | 1,41 | 0,12 | 74 | 1,67 | Conforme | 1,16 | 0,13 | 61 | 1,67 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.

Dados das FIGURAS 31 e 32:

QUADRO 27 - MÉDIA DOS TESTES DE CIZALHAMENTO DAS DEMAIS MONTAGENS COM PARAMETROS ALTERADOS

| QUALIDADE DA COLAGEM | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|--|---------------|------------|--------------------------------|-----------|
| Painel | Pré-tratamento - 24 horas em água fria | | | | | Pré-tratamento – Ciclos de fervura | | | | |
| | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado | Resistência ao cizalhamento (N/mm ²) | Desvio Padrão | Fibras (%) | Corpos de prova rejeitados (%) | Resultado |
| 12 mm 7L | 1,42 | 0,09 | 81 | 0,00 | Conforme | 1,19 | 0,14 | 77 | 0,00 | Conforme |
| 15 mm 7L | 1,40 | 0,11 | 78 | 0,00 | Conforme | 1,10 | 0,09 | 60 | 3,00 | Conforme |
| 15 mm 9L | 1,45 | 0,16 | 52 | 0,00 | Conforme | 1,20 | 0,06 | 63 | 0,00 | Conforme |
| 18 mm 9L | 1,33 | 0,08 | 78 | 0,00 | Conforme | 1,16 | 0,06 | 66 | 2,00 | Conforme |
| 18 mm 13L | 1,51 | 0,10 | 63 | 0,00 | Conforme | 1,29 | 0,18 | 50 | 3,00 | Conforme |
| 21 mm 11L | 1,32 | 0,22 | 77 | 0,00 | Conforme | 1,21 | 0,14 | 69 | 0,00 | Conforme |
| 21 mm 13L | 1,61 | 0,17 | 73 | 0,00 | Conforme | 1,28 | 0,15 | 62 | 2,00 | Conforme |

FONTE: Dados de pesquisa, 2013.