



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA BERNECK S.A. PAINÉIS E
SERRADOS**

JAQUELINE DA SILVA BATISTA

Curitibanos/SC

2014

JAQUELINE DA SILVA BATISTA

**ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA BERNECK S.A. PAINÉIS E
SERRADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Curitibanos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Engenheira Florestal, sob a orientação do Professor MSc. Magnos Alan Vivian.

Curitibanos/SC

2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Batista, Jaqueline da Silva
ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA BERNECK S.A. PAINÉIS E
SERRADOS/

Jaqueline da Silva Batista; orientador, Magnos Alan Vivian.

- Florianópolis, SC, 2014.

54 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos. Graduação em Engenharia
Florestal.

Inclui referências

1. Engenharia Florestal. 2. Suprimento de madeira. 3. Colheita florestal. 4. Painéis MDF. 5.
Testes físicos e mecânicos. I.
Vivian, Magnos Alan. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia
Florestal. III. Título.

JAQUELINE DA SILVA BATISTA

ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA BERNECK S.A. PAINÉIS E SERRADOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado do Curso de ENGENHARIA FLORESTAL, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Magnos Alan Vivian

Data da defesa: 11 de julho de 2014.

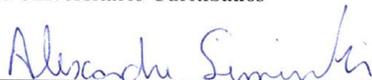
MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:



Presidente e Orientador: MSc. Magnos Alan Vivian
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Curitibanos



Membro Titular: Dr. Ugo Leandro Belini
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Curitibanos



Membro Suplente: Dr. Alexandre Siminski
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Curitibanos

Local: Universidade Federal de Santa Catarina
Campus de Curitibanos
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Florestal

***Dedico este trabalho a todos que
contribuíram direta ou indiretamente em
minha formação acadêmica.***

AGRADECIMENTOS

*Agradeço a todos que contribuíram no decorrer
desta jornada, em especial:*

A Deus, a quem devo minha vida.

*A minha família que sempre me apoiou nos
estudos e nas escolhas tomadas.*

*Ao meu esposo Mauricio Batista por sempre me
incentivar e compreender nos momentos difíceis.*

*Ao orientador Prof. Magnos Alan Vivian
que sempre tirou minhas dúvidas.*

*A empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados que teve
papel fundamental na elaboração deste trabalho.*

*Aos meus colegas pelo companheirismo e disponibilidade
para me auxiliar em vários momentos.*

RESUMO

O presente trabalho foi realizado na Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados, localizada no município de Curitiba (SC), durante o período de 12 de maio a 27 de junho, nas áreas: Suprimento de matéria-prima, Colheita Florestal, Linha de fabricação de MDF e Laboratório de ensaios Físicos e Mecânicos de painéis. Acompanhou-se as atividades desenvolvidas nas referidas áreas buscando descrever todas as etapas do processo produtivo da empresa e as práticas realizadas nas diferentes áreas da mesma. Desta maneira foi possível mesclar os conhecimentos obtidos na universidade com as atividades práticas realizadas na empresa.

Palavras-chave: Suprimento de madeira; Colheita florestal; Painéis MDF; Testes físicos e mecânicos.

ABSTRACT

This work was conducted at the Company Berneck S.A. Panels and Sawed, located in the municipality of Curitibanos (SC) during the period from May 12 to June 27, in the areas of raw material supply, Forest Harvesting, Manufacturing line MDF and Laboratory of Physical and Mechanical testing of panels. Followed up the activities in these areas seeking to describe all stages of the production process of the company and the practices carried out in different areas of the same. In this way it was possible to merge the knowledge acquired at the university with the practical activities in the company.

Word-key: Wood supply; Forest harvesting; MDF panels; Physical and mechanical tests;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bernardo von Muller Berneck, fundador da Empresa Berneck.....	16
Figura 2 - Unidade Industrial de Curitiba (SC).....	17
Figura 3 - Sistema de alimentação do picador (gentlefeed system)	19
Figura 4 - Tambor descascador de toretes de madeira.....	20
Figura 5 - Peneira vibratória.....	22
Figura 6 - Rosca de alimentação do digestor (plug screw).....	24
Figura 7 - Visão da base do digestor – Agitador e rosca de alimentação do desfibrador ...	25
Figura 8 - Sistema de preparação de fibra	26
Figura 9 - Visão ampliada de fibra indesejada (esquerda) e ideal (direita).....	27
Figura 10 - Sistema de injeção de resina Blow-line.....	29
Figura 11 - Fluxograma do EVOjet.....	30
Figura 12 - Sistema EVOjet	31
Figura 13 - Sistema de funcionamento do EVOjet	32
Figura 14 - Bicos injetores de resina.....	32
Figura 15 – Compressor de ar	33
Figura 16 - Secador	34
Figura 17 - Secador tubular multiestágio – Dois estágios	35
Figura 18 - Classificador de fibra (Sifter).....	37
Figura 19 - Pré-prensa.....	39
Figura 20 - Zonas da Pré-prensa	40
Figura 21 - Prensa Contínua.....	41
Figura 22 - Perfil de densidade	42
Figura 23 - Detector de refugo oculto.....	44
Figura 24 - Área de corte raso	49
Figura 25 - Harvester realizando a colheita de madeira	50
Figura 26 - Máquina Forwarder.....	50

Figura 27 - Carregador de madeira.....	51
Figura 28 - Caminhão carregado de madeira.....	51
Figura 29 - (A) equipamento de ensaio universal e (B) realização de um teste de tração perpendicular.....	52

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Capacidade produtiva para diversos tipos de painéis	54
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Justificativa.....	14
1.2 Objetivo Geral.....	15
2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	16
2.1 Berneck S.A. Painéis e Serrados	16
2.2 Fábrica de painéis MDF	18
2.2.1 Pátio de toras	18
2.2.2 Alimentação de madeira e descascador	19
2.2.3 Picador	20
2.2.4 Classificação dos cavacos.....	21
2.2.5 Sistema de Desfibramento.....	23
2.2.6 Pré-cozimento	23
2.2.7 Digestor	24
2.2.8 Desfibrador	26
2.2.9 Sistema de Encolagem.....	28
2.2.10 Secador	33
2.2.11 Sedimentação.....	35
2.2.12 Classificador de fibras (Sifter)	36
2.2.13 Unidade formadora.....	37
2.2.14 Linha de formação	38
2.2.15 Pré-prensa.....	38
2.2.16 Prensa contínua	40
2.2.17 Serra de corte transversal.....	42
2.2.18 Medidor de espessura	43
2.2.19 Detector de refugo oculto.....	43
2.2.20 Balança de pesagem e mesa de rejeito.....	44

2.2.21 Resfriador	45
2.2.22 Área de armazenamento ou climatização	45
2.2.23 Lixadeira de calibragem e acabamento	45
2.2.24 Área de recorte (cut to size).....	46
2.3 Suprimento de matéria-prima.....	46
2.4 Parceria Florestal	47
2.5 Colheita Florestal	49
2.6 Laboratório de ensaios Físicos e Mecânicos dos painéis MDF	51
2.7 Mercado de Painéis MDF no Brasil.....	53
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
4. REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

Segundo um estudo realizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2008), intitulado como “Painéis de Madeira no Brasil: panorama e perspectivas”, o setor de painéis de madeira apresenta forte dinamismo, no mundo e, em especial, no Brasil. Somente em 2005 a produção brasileira de painéis, foi de aproximadamente 7,7 milhões de m³, um aumento significativo de 9,5 % em relação ao ano de 1995.

Atualmente o Estado de Santa Catarina é o 4º maior exportador de painéis reconstituídos do país, bem como maior exportador de móveis de madeira (37%) e o 3º maior produtor nacional com mais de 1800 fábricas (ACR, 2014).

Em função de alguns fatores, o mercado de painéis de madeira está passando por várias mudanças, tais como: a busca de alternativas à madeira maciça; a modernização tecnológica do sistema industrial, que proporcionou a oferta de novos produtos como o *Medium Density Fiberboard* (Placa de Fibra de Média Densidade - MDF), o *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientadas - OSB), a melhoria da qualidade em relação aos painéis de aglomerado para *Medium Density Particleboard* (Painel de Partículas de Média Densidade - MDP), e ainda com a redução dos juros e melhoria da renda, proporcionaram grande impulso ao setor moveleiro e a construção civil, sendo que ambos são fortes consumidores de painéis de madeira (HILLIG *et al.*, 2002).

No Brasil, uma nova fábrica de painel de madeira reconstituída típica e sem linha de revestimento tem capacidade de produção entre 350 mil e 500 mil m³/ano e demanda investimentos de cerca de R\$ 250-350 milhões, mas existem projetos de fábricas de até um milhão de m³/ano e linhas de revestimento agregadas. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (ABIPA), de 2005 a 2011 a produção nacional passou de 3,9 milhões de m³ para cerca de 6,5 milhões de m³ – um salto de 66,6 %, em uma média anual de crescimento da ordem de 9,5 %. A capacidade instalada da indústria brasileira de painéis vai ultrapassar os 10,9 milhões de m³ até 2014, o dobro do que o país era capaz de produzir em 2004, tais investimentos foram considerados necessários para atender ao crescimento da demanda, avaliado em 9,5 % ao ano.

No Brasil os Estados do Paraná e Santa Catarina possuem uma das maiores áreas plantadas de florestas de *Pinus sp.*, onde a demanda pela madeira também é significativa e crescente, isto acontece porque grande número de indústrias estão instaladas nessas regiões e utilizam grande parte dessa madeira para produção dos diversos materiais,

como: papel e celulose, lâminas, compensados, madeiras serradas e beneficiadas e os painéis de fibras (MDF) e aglomerados (IWAKIRI *et al.*, 2004).

Outro fator notório que impulsionou a indústria de painéis à base de madeira foi o surgimento dos adesivos sintéticos. A partir de 1930, a disponibilidade de resinas líquidas, à base de uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, permitiram a fabricação de painéis de melhores qualidades, tendo como principais propriedades resistência à umidade e imunidade ao ataque de micro-organismos (KOCH *et al.*, 1987).

Atualmente as empresas que produzem os painéis MDF estão utilizando cada vez mais tecnologias inovadoras em seus processos, sendo que cada empresa possui sua tecnologia, onde muitas vezes diferem uma da outra. Essas empresas estão preocupadas com sua produtividade, economia e qualidade do produto final, por isso muitas possuem tecnologias diferentes, pois cada região há necessidades específicas, seja por causa do clima, do tipo de matéria-prima utilizada ou pela mão de obra qualificada.

A região de Curitiba (SC) apresenta como importante característica socioeconômica uma forte concentração de pequenas e médias empresas, principalmente na cadeia produtiva de “madeira e móveis”, que representa grande parte dos empregos industriais da região. Dentre essas empresas pode-se citar também várias que se instalaram no município em questão, e merecem destaque, como: Berneck S.A. Painéis e Serrados, Brochmann Polis Industrial e Florestal S/A, Malinski Madeiras LTDA, entre outras.

Com base nisto desenvolveu-se as atividades descritas no presente estudo nas dependências da Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados, localizada no município de Curitiba (SC), entre as quais destacam-se: suprimento de matéria-prima, colheita florestal, linha de fabricação de MDF e testes físicos e mecânicos para avaliar a qualidade dos painéis.

1.1 Justificativa

O consumo de painéis de MDF entre 1995 e 2005 teve uma expansão bastante acentuada sendo que sua participação aumentou de 8 % para aproximadamente 18 % ao ano. Por isso, percebe-se que a demanda por painéis de MDF está em crescente comercialização, sendo de suma importância conhecer a maneira de como os painéis são produzidos, quais equipamentos tecnológicos são utilizados pelas empresas, os tipos de adesivos utilizados e ainda suprir a exigência dos consumidores em relação a qualidade desse material. Em função disto, o presente trabalho traz a descrição do processo produtivo da Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados, bem como as atividades

desenvolvidas no decorrer do período de acompanhamento das atividades nas diferentes áreas de atuação da empresa, buscando praticar e aprimorar os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Florestal.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é descrever o processo produtivo da Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados, bem como as atividades desenvolvidas nas diferentes áreas de atuação da empresa.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 Berneck S.A. Painéis e Serrados

A Berneck & CIA foi fundada em Janeiro de 1952, por Bernardo von Muller Berneck (Figura 1), com uma serraria em Bituruna (PR) e uma fábrica de beneficiamento de madeiras em União da Vitória (PR).



Figura 1 - Bernardo von Muller Berneck, fundador da Empresa Berneck

No final de 1952, as duas fábricas que constituíam a Berneck & CIA queimaram por completo em incêndios independentes. Mesmo arrasado com a perda, Sr. Bernardo não desistiu e reiniciou seus negócios.

Em 1956 a Berneck & Cia iniciou a produção de compensados de Pinho. No mesmo ano houve mais um incêndio, o terceiro na história da empresa, que acabou destruindo a fábrica de compensados em Bituruna (PR). Mas com a força de vontade de seus colaboradores e dinheiro emprestado dos colonos da região, reconstruíram a fábrica em tempo recorde, 50 dias. Já no ano de 1961 o Sr. Bernardo e sua família mudam-se para Curitiba (PR) onde iniciam uma nova fábrica de compensados com tecnologia moderna de fabricação. Em 1964 a Berneck & Cia inaugurou em Toledo (PR) a primeira laminadora de Cedro. Nos anos seguintes iniciou laminadoras em Cascavel, Assis Chateaubriand, Palotina, Catanduvas, Medianeira e Guaíra, totalizando 7 unidades

produtoras de lâminas torneadas (matéria-prima para produção do compensado) com a centralização da fabricação de compensados em Curitiba (PR).

No final da década de 80 a Berneck percebeu que precisava garantir a continuidade do manejo de madeira tropical com alguma essência de valor possível de ser cultivada. A ideia inicial foi reflorestar o Mogno (*Swietenia macrophylla*), madeira nobre de grande valor. Plantaram mais de 1 milhão e ½ de árvores que foram totalmente dizimadas com o ataque de borboletas. No início dos anos 90 a Berneck iniciou o plantio de Teca (*Tectona grandis*).

Em 2006 após diversos investimentos em equipamentos de alta tecnologia e de última geração para fabricação de painéis, a Berneck lança no mercado o painel MDP, um painel com características superiores ao aglomerado.

No ano de 2008, na unidade do Paraná, a Berneck inaugurou uma fábrica de MDF, voltada para a produção de painéis finos, a partir de 2,5mm. Com esta linha de produção a Berneck tem um mix completo de produtos de madeira para a indústria de móveis.

No mês de outubro de 2008, a Berneck deu início as obras para seu novo complexo industrial na região de Curitiba (SC). O projeto conta com uma serraria para *Pinus*, uma central térmica para co-geração de energia, uma linha de MDF, uma linha de MDP, duas linhas para revestimento com BP (melamina) e uma linha para impregnação dos papéis.

A Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados foi inaugurada no mês de junho de 2012 na cidade de Curitiba (SC) (Figura 2), a fábrica terá capacidade anual para produzir 500 mil metros cúbicos de MDF, a serraria prevê aproximadamente 300 mil metros cúbicos anuais no final de 2012 e uma linha de produção de MDP de 800 mil metros cúbicos anuais, até o final de 2014.



Figura 2 - Unidade Industrial de Curitiba (SC)

O estudo foi desenvolvido na Berneck S.A. de Curitiba (SC), durante o período de 12 de maio a 27 de junho de 2014, nas áreas: Suprimento de matéria-prima, Colheita Florestal, Linha de fabricação de MDF e Laboratório de Ensaio Físicos e Mecânicos de Painéis. O presente trabalho traz a descrição de todo o processo produtivo bem como as atividades desenvolvidas na Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados.

2.2 Fábrica de painéis MDF

Uma das atividades desenvolvidas foi o acompanhamento de todas as etapas envolvidas no processo de produção de painéis MDF da Empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados. Entre estas etapas citam-se: pátio de toras, descascamento, picagem, classificação dos cavacos, cozimento, desfibramento, sistema de encolagem, secagem e classificação das fibras, linha de formação, prensagem, aclimatização e acabamento.

2.2.1 Pátio de toras

A organização e lay out do pátio de madeira, ou seja, a disposição de toretes, é um ponto que pode interferir no fluxo de material para alimentação do descascador, eficiência e qualidade no processo do picador.

É importante que a estocagem tenha um período curto, sendo no máximo de 45 dias, considerando que já tenha 15 dias de corte, uma disposição e segregação por tempo de corte, chegada e/ou espécie. Dimensão, formato, conteúdo de umidade também são importantes para um bom controle da matéria-prima.

Após o corte, a madeira não possui mais suas defesas contra ataques biológicos (inseto, fungo, etc) de forma que inicia-se um processo rápido de biodeterioração (apodrecimento). Essa perda na estrutura anatômica irá gerar fibras com qualidade inferior. Para isso algumas ações são tomadas, como:

- Rotatividade no uso da madeira estocada ("primeira que entra é a primeira que sai").
- Boa drenagem do pátio;
- Utilização da madeira o mais rápido possível para evitar ataque de fungos;
- Aquisição de madeira sadia, etc.

Seria importante, mas pouco viável devido ao custo, que todas as pilhas fossem acondicionadas em piso pavimentado, devidamente drenado, organizados de forma que

facilitasse seu manuseio. A pavimentação do pátio evita significativamente o acúmulo de terra, areia, metais ou quaisquer materiais estranhos que poderiam gerar quebras e perdas no tambor descascador, apodrecimento prematuro e desgaste das facas do picador.

Quanto a confecção das pilhas de toretes estocados é necessário ter uma altura ideal para que o lança da garra da grua alcance o topo, uma largura suficiente para que ainda tenha boa ventilação e vão entre as pilhas no comprimento necessário que haja passagem de grua e correntes de vento.

2.2.2 Alimentação de madeira e descascador

A entrada de toretes no sistema de alimentação (gentlefeed system) é realizado através de Gruas num processo de descarregamento direto (pegando madeira dos caminhões) ou indireto (pegando madeira das pilhas de toretes). Geralmente ocorre os dois tipos de desgarregamento durante o processo.

Os toretes são colocados num "cocho", que possui barras transportadoras acionadas por cilindros hidráulicos. As barras transportadoras possuem movimentos alternados entre si e, quando avançam, ocorre um movimento lento, ao contrário do seu retardo que é muito rápido. Isso faz com que os toretes sempre tenham um movimento de avanço em direção ao descascador (Figura 3).

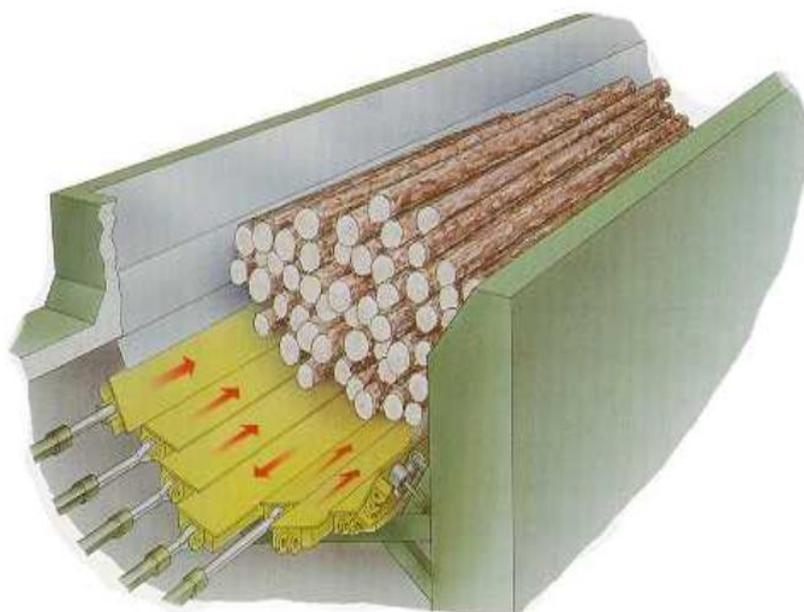


Figura 3 - Sistema de alimentação do picador (gentlefeed system)

O tipo de descascador vai depender muito da espécie de madeira. O descascador mais comumente utilizado pelas empresas são os descascadores tipo tambor rotativo (Figura 4) com uma gigantesca carcaça cilíndrica de saída cônica, onde internamente há bastões descascadores (longarinas), capazes de auxiliar o descascamento de toras dos mais variados tamanhos e formatos. O tambor descascador é apoiado sobre eixos rodantes, acionados através de motores elétricos.

O descascamento ocorre com o atrito da madeira com a carcaça e, principalmente com o atrito entre outros toretes. As cascas saem através de furos que há no tambor rotativo e caem numa esteira, sendo transportado até o silo de biomassa.

A eficiência do descascador vai depender da espécie de madeira, conteúdo de umidade e condições dos toretes (apodrecimento). No caso, o descascamento também é controlado pelo ajuste da porta móvel (portinhola) na saída do descascador.

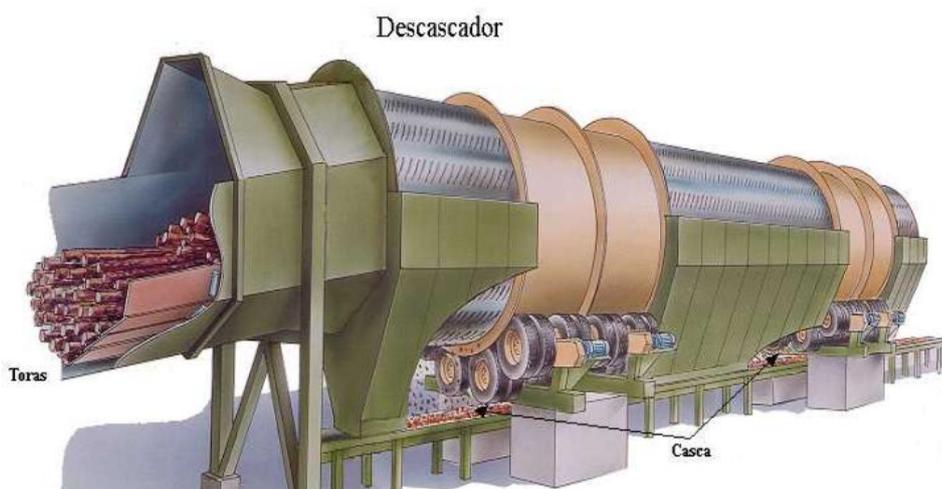


Figura 4 - Tambor descascador de toretes de madeira

2.2.3 Picador

É usado para transformar toretes e/ou o oversize da peneira de classificação (repicador) em cavacos homogêneos para posterior desfibramento.

O processo de produção de cavacos depende muito do diâmetro e comprimento do torete, espécie e conteúdo de umidade. Estes, associados aos fatores do picador (projeção das facas, afiação das facas, etc.) são que determinam a qualidade do cavaco. Desta forma, podemos obter cavacos com tamanho homogêneo, praticamente sem grossos

(oversize), lascas ou finos (undersize).

Deve haver um cuidado muito grande com a alimentação do picador, mantendo-a constante e uniforme, pois é um fator que muitos esquecem mas que interfere diretamente na qualidade do cavaco.

Há dois tipos de picadores para MDF, que são os picadores de disco e tambor. Comumente se usa o picador de disco para toretes com grandes diâmetros, mais isso atualmente não é mais uma regra. Os picadores de tambor são usados para toretes com diâmetros menores. Uma peneira pode ser colocada no fundo do picador para reduzir as partículas de oversize.

A madeira entra num ângulo de 90° em relação ao tambor e, com a ação das facas, o torete é cortado na direção da fibra e no comprimento necessário (espessura de +/- 5 mm e comprimento de 22 a 28 mm).

Antes do picador as toras passam por um detector de metais que automaticamente bloqueia o transporte de toretes ao equipamento caso se detecte presença de metal, evitando assim, possíveis danos às facas.

Os cavacos produzidos saem pelo fundo do picador e, através de transportadores são enviados ao silo de armazenamento horizontal. Após o armazenamento, os cavacos passam por classificação e lavagem.

2.2.4 Classificação dos cavacos

Antes do processo de desfibramento os cavacos deverão ter granulometria homogênea e estarem totalmente limpos de qualquer tipo de resíduo, para isso passam por uma peneira de duas malhas que separa grossos (oversize) e finos (undersize) dos cavacos "ideais" .

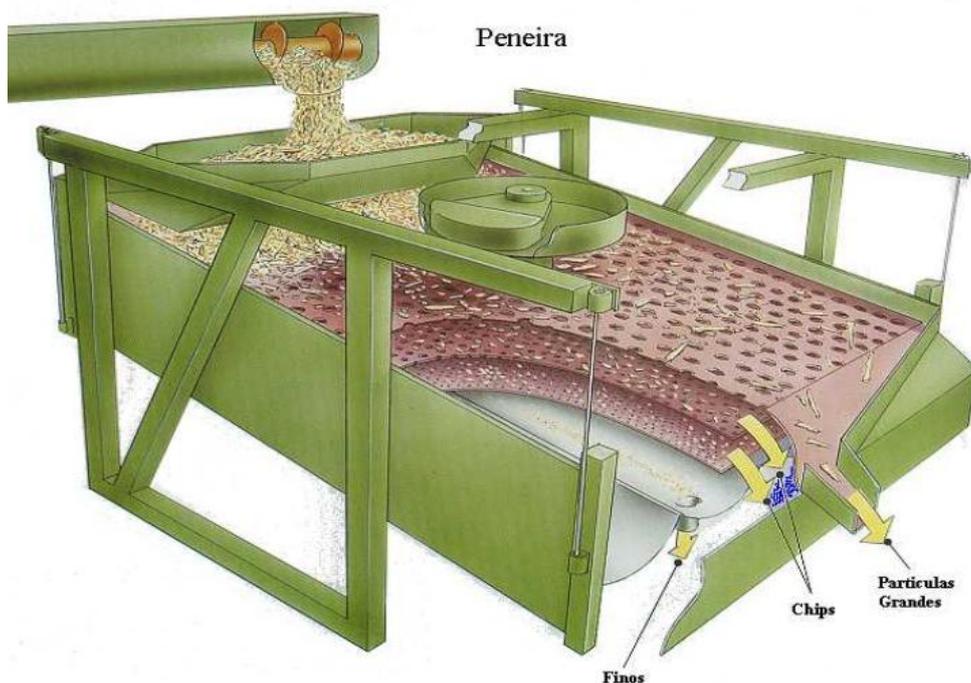


Figura 5 - Peneira vibratória

Os fatores que interferem na performance da peneira são: densidade do cavaco, formato da partícula, conteúdo de umidade, taxa de alimentação, tempo de retenção e movimento da peneira. A peneira que é mais utilizada pelas empresas é a vibratória retangular (Figura 5) que possui movimento circular, contando com duas peneiras sendo uma malha de diâmetro 50 mm e outra de 40x40 mm.

A peneira faz a separação dos cavacos, classificando-os em:

Ideais – São cavacos adequados ao processo, com dimensionamento pré-determinado. Além de serem ideais para o desfibramento, proporcionam um melhor rendimento operacional do sistema.

Grossos – Passam por um repicador para serem dimensionados. Caso continuassem no processo, ocasionariam sérias variações e até paradas, além de aumentar o consumo de vapor no digestor e energia no desfibrador, pois os cavacos maiores não são suficientemente cozidos no digestor.

Finos – Por estarem fora de especificação, são usados como energia. Se continuarem no processo podem causar entupimentos e oscilações na alimentação do desfibrador, prejudicando a qualidade das fibras e ocasionando problemas nos testes físicos.

2.2.5 Sistema de Desfibramento

No processo de preparação de fibra os parâmetros de trabalho para as variáveis abaixo devem ser estritamente ajustadas e controladas:

- Temperatura de pré-cozimento;
- Temperatura de cozimento em relação à pressão do vapor;
- Tempo de cozimento;
- Ajuste da distância entre os discos;
- Diferencial de pressão entre digestor e desfibrador;
- Capacidade de produção.

Por isso é essencial uma boa operação no processo de cozimento (pré-cozimento e digestor) e desfibragem.

2.2.6 Pré-cozimento

No tanque de pré-cozimento, os cavacos são vaporizados sob pressão atmosférica até uma temperatura de 80 a 90 °C. A pré-vaporização tem por finalidade pré-aquecer os cavacos, amolecendo-os e homogeneizando seu conteúdo de umidade.

A pré-vaporização correta vai reduzir o consumo de vapor no digestor e conseqüentemente a água que vai ser evaporada no secador.

A temperatura elevada facilita a extração da água na rosca sem fim (plug screw) de alimentação do digestor. A rosca sem fim (Figura 6) tem que exprimir o cavaco retirando toda água e a condensação contida (deve conter aproximadamente 90% umidade, base seca, na entrada do digestor).

Esta extração é efetuada pela compressão gerada na rosca, através da redução de sua seção. Na entrada do digestor cria-se uma espécie de selo ou “rolha”, que veda e evita o escape de pressão do vaso digestor. A água, as impurezas e a resina da madeira saem pela parte inferior da rosca.

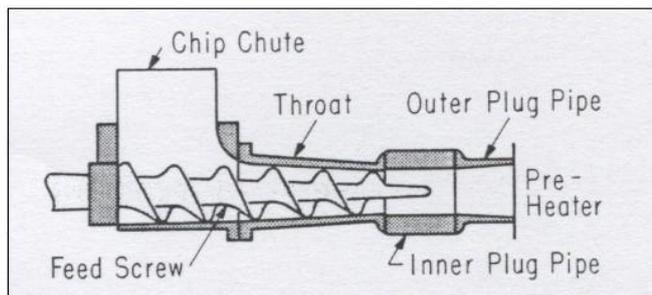


Figura 6 - Rosca de alimentação do digestor (plug screw).

2.2.7 Digestor

O objetivo do processo de cozimento é a separação ou amolecimento da ligação entre as fibras e a lignina que se encontram ligadas fortemente. Esse cozimento é realizado no digestor onde a fibra se encontra num ambiente de alta temperatura e pressão.

No digestor ("panela de pressão") os cavacos são "cozidos" sob pressão de vapor saturado de 7 a 9 bar, o tempo de retenção no digestor normalmente fica entre 1 a 3 minutos. A qualidade da fibra está ligada diretamente a estes dois fatores; tempo e pressão de vapor (ligado diretamente a temperatura) no digestor.

O tempo de cozimento dos cavacos no digestor é ajustável e controlado por um circuito automático, equipado com um detector de massa de isótopo. A temperatura de cozimento está relacionado à pressão de vapor saturado no digestor.

O fato é que a temperatura tem um efeito plastificante sobre o cavaco. Os agentes de ligação no cavaco se tornam plástico com a temperatura crescente, especialmente na presença de umidade. Os componentes que mais são afetados, de modo, que suas ligações são enfraquecidas e parcialmente quebradas, é a lignina (agente de ligação) e a celulose. Isto resulta em menos consumo de energia específica no desfibrador.

Outro fator importante é que o cavaco alimentado no desfibrador pode ter o mesmo conteúdo de umidade antes e depois de processado. Desta forma, cavaco mais seco pode beneficiar o processo de secagem reduzindo os custos de operação.

Mas para tudo há um dado limite que, a partir de um ponto, começa a prejudicar. A temperatura ou tempo de retenção em excesso, como já vimos, escurece a fibra e, o cavaco muito seco, pode dificultar o processo de digestão, consequentemente, após o desfibramento teremos fibras com excesso de lascas e grossos.

A alimentação do digestor inicia-se através da calha de alimentação do drenador que alimenta a rosca compressora (rosca plug ou plug screw). A plug screw abastece o digestor superando a força de pressão de vapor do mesmo. Ao mesmo tempo, provê um

selo que retêm o vapor no digestor.

O selo é formado por uma "rolha de cavaco" na carcaça cônica da plug screw e no tubo de entrada (plug pipe) que alimenta o digestor. O sistema de alimentação através da plug screw é uma das formas mais comuns de alimentação por ser rígida e segura. As únicas partes que estão sujeitas a desgastes é a carcaça e a rosca plug que são facilmente substituíveis.

Estudos mostraram que não há nenhum dano à fibra causado pela compressão na rosca plug sobre as condições termodinâmicas do processo.

A rosca é equipada com um sistema chamado blowback que impede o vapor de escapar pela rosca plug quando o selo de cavaco não é formada. Um disco rígido cônico é ativado através de pistão pneumático fechando o tubo de entrada do digestor quando o selo é rompido por algum motivo.

Mudanças bruscas de velocidade de alimentação na rosca plug, tipo de material (cavaco verde com cavaco seco), tamanho de cavacos variados, podem impedir a formação do selo. Nestes casos, cuidados devem ser tomados ou mudar o tipo de screw plug.

O cavaco é alimentado por gravidade no digestor até a saída da rosca transportadora na sua base. O diâmetro da base do digestor é maior que o diâmetro do topo. Isto facilita o movimento do cavaco pelo digestor.

O nível pré-determinado de cavaco é mantido automaticamente por uso de uma fonte de raios gama e um receptor. Na base do digestor há um raspador comumente chamado de agitador. Este agitador facilita o movimento do cavaco do fundo para a rosca transportadora (rosca fita) de saída (Figura 7) e, ainda, auxilia na prevenção contra compactação, canto morto ou "pontes" na base do digestor. A velocidade do agitador é importante para uniformizar a alimentação dos discos desfibradores. A capacidade de produção do sistema está associado a velocidade de rotação da plug screw e da rosca fita.

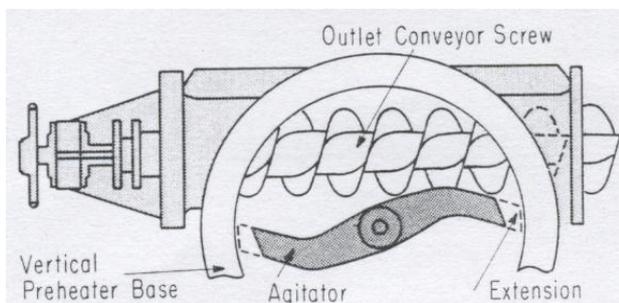


Figura 7 - Visão da base do digestor – Agitador e rosca de alimentação do desfibrador

2.2.8 Desfibrador

A indústria papelreira requer um tipo de fibra mais fina do que a indústria de chapas MDF. Para obter fibras tão finas (processo de refinação) alguns produtos químicos são utilizados no cozimento para quebrar a ligação de lignina e celulose.

O desfibramento (sem produtos químicos e sem vários estágios de desfibramento chamado de refinação) é extensivamente usado na produção de fibra para formação de colchão em fábrica de MDF (Figura 8).

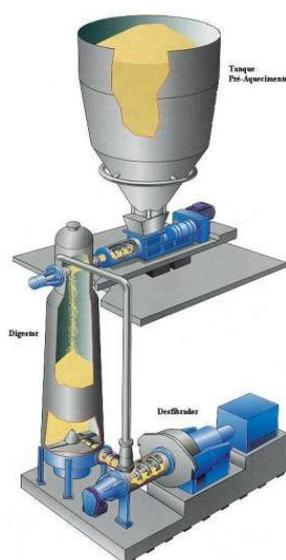


Figura 8 - Sistema de preparação de fibra

O cavaco usado normalmente leva a uma variedade de formas após o desfibramento como; lascas, pedaços grossos, pó, fibras soltas ou pacotes de fibras (Figura 9). O resultado final depende de vários fatores como: tipo e qualidade da matéria-prima, conteúdo de umidade, densidade da madeira, mistura de espécies, variação de peso específico entre as espécies, etc.

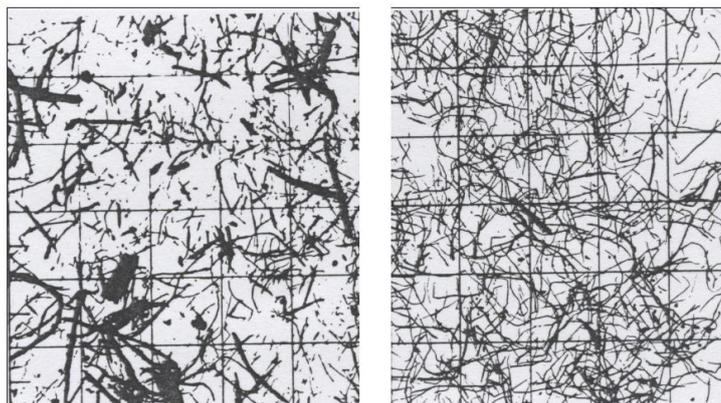


Figura 9 - Visão ampliada de fibra indesejada (esquerda) e ideal (direita)

Após a extração do cavaco pela rosca fita, este material sob pressão, é direcionado para o centro do disco extrator, em seguida, entre as lâminas dos discos (extrator e rotor).

A velocidade de rotação da rosca fita é controlada por um motor com velocidade variável controlando a vazão de cavaco para o desfibrador e a formação de um novo selo. Essa rolha não é de cavaco como na rosca plug. Ela é formada por fibras entre o disco fixo (extrator) e rotativo (rotor), de forma que um diferencial de pressão entre a carcaça do desfibrador e o digestor possa ser criado e mantido.

Entre os discos, o cavaco "amolecido" pelo digestor é convertido em fibra e lançado para fora dos discos por um diferencial de pressão e força centrífuga.

O rotor é regulável na direção horizontal, que dá a possibilidade de ajustar a abertura entre os discos (gap). A energia específica pode ser modificada alterando o gap. O controle de vapor na caixa do desfibrador permite criar uma pressão maior ou menor que a pressão exercida no digestor. Isso permite um diferencial de pressão positivo ou negativo entre a carcaça do desfibrador e o digestor, onde podemos reter por mais tempo ou expulsar mais rápido o fibra do interior dos discos.

A pressão diferencial entre a entrada e saída do desfibrador pode ser controlada através do fluxo de vapor e fibra. O desfibrador é equipado com uma blow valve (válvula de escape) que controla esse fluxo de vapor e fibra. Essa válvula possui um orifício ajustável que controla a taxa de escape de vapor e fibra para a Blow-line.

A abertura da blow valve tem que ser ajustada muito cuidadosamente. Abertura pequena, há sempre o risco de entupimento, considerando que uma grande abertura causa consumo de vapor excessivo. Com altas taxas de produção, a abertura tem que ser alta para permitir o fluxo maior de fibra e vapor e, ainda, dificilmente obstruirá.

2.2.9 Sistema de Encolagem

O equipamento é constituído por áreas de preparação, dosagem e injeção das misturas de produtos químicos. Estas operações são automatizadas e reguladas por um sofisticado sistema de controle que permite reduzir ao mínimo as necessidades de intervenção do operador. Os principais componentes do equipamento são: Sistema de armazenamento de resina e emulsões de parafina, sistema de preparação de endurecedor (catalisador), sistema de dosagem de resina e aditivos, sistema de injeção da mistura e sistema de controle da dosagem mediante PLC (controladores lógicos programáveis). A linha de encolagem da Unidade da Berneck de Curitiba é composta por dois sistemas, que são utilizados na sequência um do outro. Um é o chamado Blow-Line e o outro de EVOjet.

2.2.9.1 *Blow-Line*

Uma mistura de vapor e fibra em umidade entre 90 e 100% bs (base seca), é pulverizada com resina. A água de diluição da resina é quase imediatamente convertida em vapor também. A massa de vapor representa entre 80 e 85 % do peso total que passa pela Blow-line. O vapor na saída do desfibrador numa pressão entre 7 e 9 bar, é expandido no sentido do comprimento da Blow-line e descarregado contra a pressão atmosférica no secador.

Após a blow valve há uma pequena queda de pressão na Blow-line, com um aumento de velocidade em direção a entrada do secador.

Para o controle de uma boa aplicação, seria recomendável verificar a pressão estática no ponto de injeção e operar a válvula de injeção de resina (e/ou pressão de vapor no desfibrador) de acordo com esta pressão. Em geral, a pressão estática no ponto da injeção será aproximado 4 a 5 bar. Na entrada do secador a pressão estática deve ser ± 1 a 1,5 bar.

A dosagem de resina sobre a fibra é controlada automaticamente pela rosca de extração do digestor (rosca fita) – dosificação volumétrica de cavacos. A desvantagem deste sistema é que a variação de peso específico do cavaco não é compensado por uma medição de resina mais alta ou mais baixa. Este sistema de dosagem de resina é controlado diretamente pela velocidade da rosca de extração. Na Figura 10 pode ser observado o sistema de injeção de resina Blow-line.

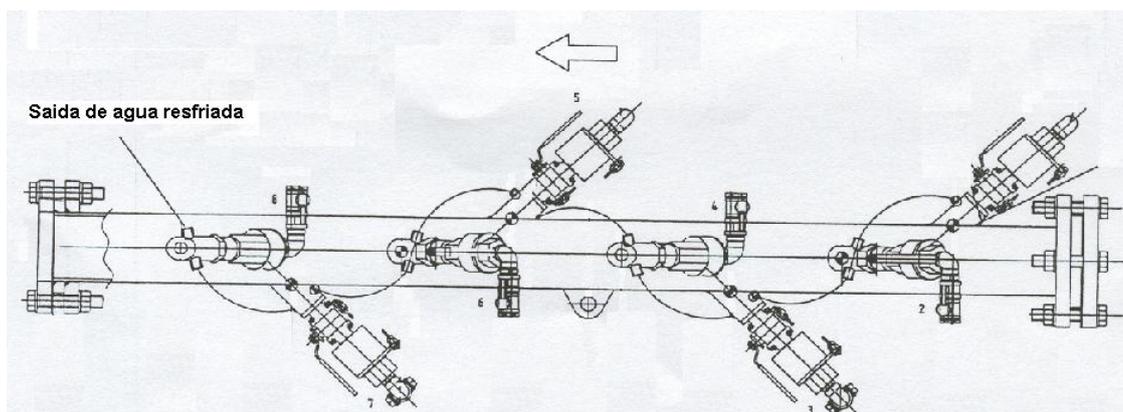


Figura 10 - Sistema de injeção de resina Blow-line

O sistema de injeção de resina na Blow-line formado por bicos injetores devem ser monitoradas diariamente para que não haja redução no resfriamento evitando assim, pré-cura da resina nos bicos. Além disso, bicos entupidos ou sujos, podem levar restos de resina para a placa ou criar excesso de pressão na tubulação de resina. Para uma boa qualidade de aplicação, a regulagem dos bicos, resfriamento, pressão de aplicação, viscosidade da resina e limpeza dos injetores são fatores importantes.

A resina utilizada é a base de uréia-formaldeído, a mais comumente empregada em painéis MDF. Um dos cuidados que devem ser tomados diz respeito as baixas temperaturas da resina, que levam inevitavelmente a aumento de sua viscosidade, o que tem efeito imediato no tamanho das micro-gotículas geradas na pulverização pelos bicos injetores. Maiores gotículas acarretam menor dispersão/distribuição da resina, e conseqüente rebaixamento e/ou aumento da variabilidade das propriedades físico-mecânicas dos painéis e aumento no consumo de resina.

2.2.9.2 EVOjet

O sistema de mistura de resina a seco EVOjet garante uma aplicação perfeita de resina, uma combinação de uma grande área de superfície de fibras no ar de transporte e uma distribuição de resina eficaz. O sistema fornece todos os benefícios da mistura tradicional Blow-line, mais evita todos os seus inconvenientes. O sistema EVOjet é simples e confiável, requer o mínimo de manutenção, reduzindo os custos operacionais adicionais. Nível de emissões reduzidas é outro benefício valioso do sistema.

O sistema EVOjet é baseado no princípio de fluidização mecânica e homogeneização de um fluxo de fibra. Os rolos de separação – não mais largo do que uma linha formadora convencional – girando a uma velocidade de 2 rpm e efetivamente

separando os aglomerados de fibra. O fluxo de fibra é mantido em uma condição homogênea no ponto de adição de resina para garantir uma distribuição eficaz de resina sobre a fibra.

Para evitar acúmulo de fibras no duto e aumentar o intervalo de limpeza, a fibra seca é recirculada e introduzida no sistema de dutos diretamente após o ponto de aplicação de resina. A combinação de uma elevada concentração de resina em relação ao fluxo de fibra, recirculação de fibra e uma posição precisa dos bicos reduz o consumo de resina em até 50%.

Na Figura 11 é possível observar o fluxograma de funcionamento do sistema EVOjet para aplicação do adesivo, assim como todos os seus componentes.

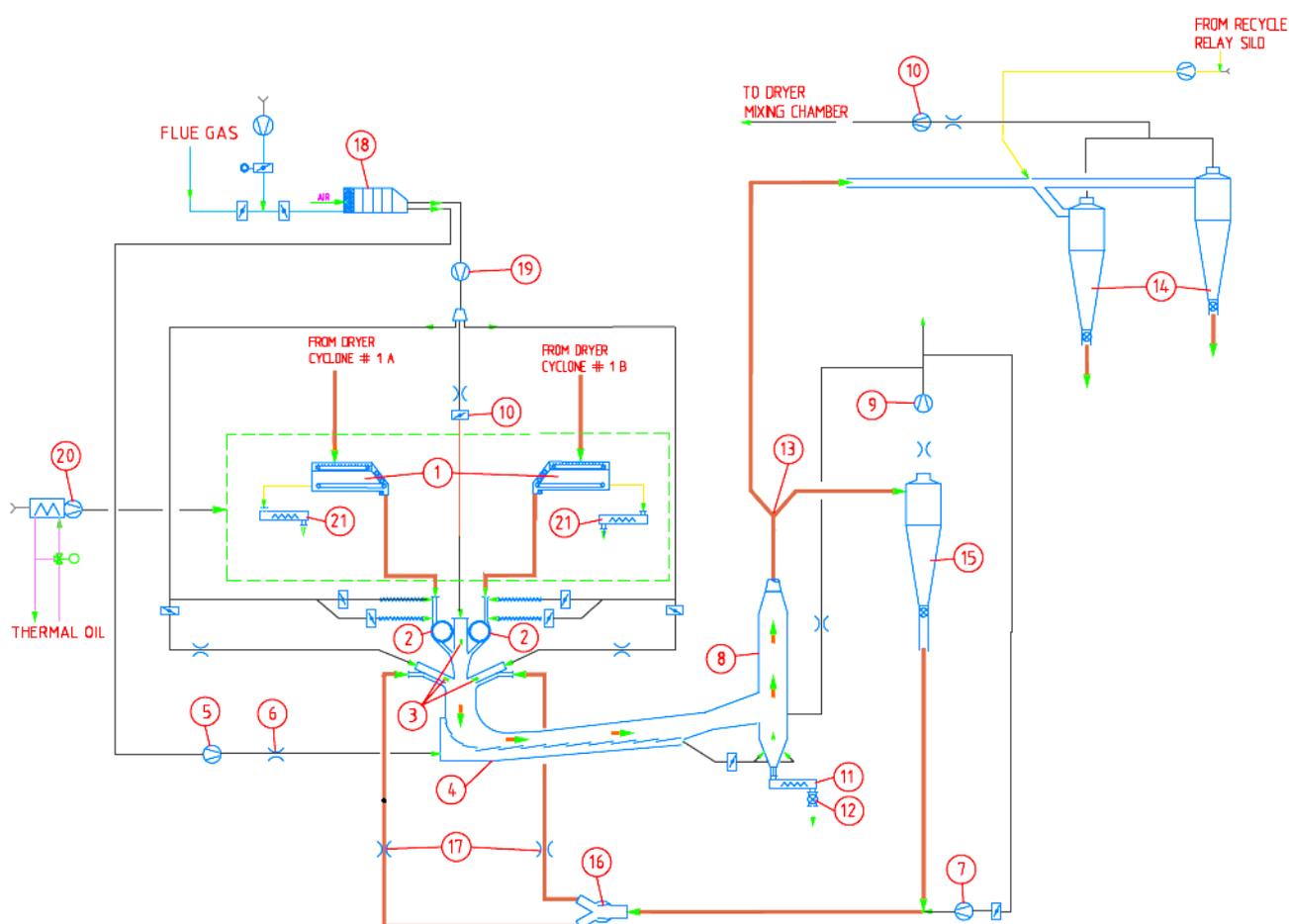


Figura 11 - Fluxograma do EVOjet

Legenda do fluxograma de funcionamento do sistema EVOjet:

- 1 – Silos do EVOjet;
- 2 – Rolos Espinhados;

- 3 – Bocal de arranjos de resina;
- 4 – Duto de ar slide;
- 5 – Ventilador da fonte do ar slide;
- 6 – Tubo de Venturi;
- 7 – Ventilador de fibra de proteção;
- 8 – Torre de retenção;
- 9 – Ventilador (principal) fibra de proteção;
- 10 – Ventilador (principal) fibra de produção;
- 11 – Rosca de rejeito da Torre de Retenção;
- 12 – Alimentador rotativo de rejeito da Torre de Retenção;
- 13 – Talhadeira do fluxo de fibra;
- 14 – Ciclones de produção;
- 15 – Ciclone de proteção;
- 16 – Talhadeira do fluxo de fibra de proteção;
- 17 – Tubos de Venturi;
- 18 – Câmara de mistura;
- 19 – Ventilador da fonte de ar quente;
- 20 – Unidade de aquecimento de ar.

O sistema EVOjet, apresentado na Figura 12, apresenta vários benefícios, tais como: fluidificação mecânica e homogeneização do fluxo de fibra; distribuição efetiva da resina sobre a fibra; sem aglomerados de fibra resinada; sem manchas na superfície do painel; maior economia de resina e ainda redução das emissões fora do secador devido ao fato de que a resina é adicionado após o secador.



Figura 12 - Sistema EVOjet

Um sistema EVOjet (Figura 13) proporciona uma capacidade de até 50 toneladas/h de fibra, com alimentação pneumática ou mecânica, tornando possível utilizar o sistema

em qualquer linha existente, tendo ainda como vantagem a limpeza automática do bicos injetores.

Na Figura 13 é possível observar os rolos que desintegram o feixe de fibras, melhorando a aplicação da resina, e na Figura 14 os bicos injetores de resina.

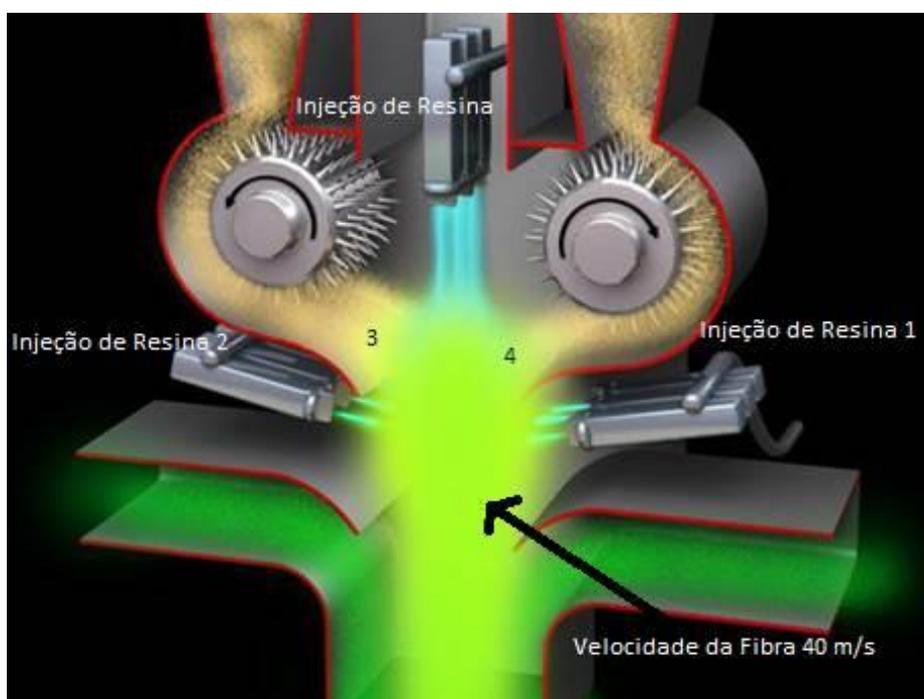


Figura 13 - Sistema de funcionamento do EVOjet



Figura 14 - Bicos injetores de resina. (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).

As instalações do EVOjet requerem uma quantidade grande de ar comprimido. Juntamente com este projeto, é necessário instalar 2 compressores adicionais de 160 kW

cada, no piso térreo do prédio do EVOjet, ambos em rede com a fábrica, além de 3 compressores de 75 kW, e ainda um outro variável de 90 kW, previamente existentes em outro local da planta. Toda a energia térmica gerada pelo aquecimento normal destes compressores é aproveitada como fonte de aquecimento adicional ao prédio do EVOjet, através de dutos que ligam a sala dos compressores (Figura 15) ao ambiente onde se encontra o EVOjet.



Figura 15 – Compressor de ar

2.2.10 Secador

Sua função é a secagem de fibras enroladas até uma umidade final definida, que pode variar de 8 a 12% bs (base seca).

O secador (Figura 16) é aquecido diretamente mediante gases quentes de escape gerado na usina de energia através da queima de biomassa como; serragem, pó de lixadeira, casca, cavacos finos, etc.

A umidade das fibras sopradas para dentro do secador é absorvida pela corrente de ar quente. O transporte de partículas é efetuado pneumaticamente pelo fluxo de ar dentro do tubo de secagem. Este tubo de secagem tem um comprimento total de aproximadamente 160 m e um diâmetro de 2100 mm.

O ar de escape provenientes dos ciclones é dirigido para a atmosfera, através dos tubos de imersão dos ciclones. A fibra seca é separada pelos ciclones de secagem e enviada ao classificador de fibras, através de válvulas rotativas.

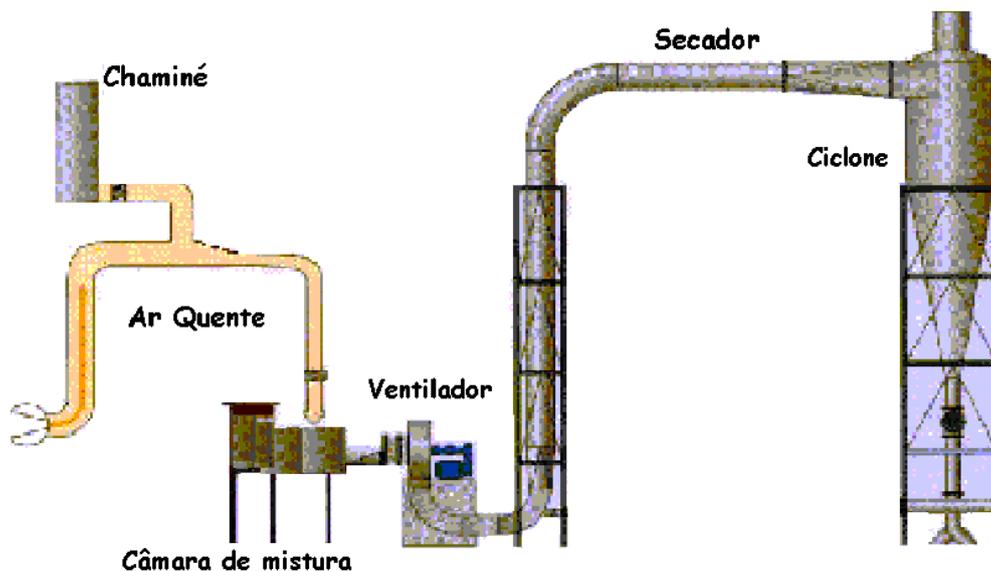


Figura 16 - Secador

O tamanho do secador é baseado na quantidade de água evaporada, quantidade de partículas a ser seca, tamanho e geometria das partículas e condições climáticas (temperatura ambiente e umidade relativa da ar). O que determina o controle da umidade final das partículas é a temperatura na saída do secador e a umidade de entrada.

Secadores de múltiplo estágios (Figura 17) são mais populares devido a menor área de construção, remove parte da umidade em um primeiro estágio e o restante no segundo, de forma que é apropriado quando há variação ou diversas umidades no início de secagem. Outros benefícios são: maior uniformidade na distribuição de umidade, menor quantidade de poluentes atmosférico e, ainda, segundo seus fabricantes, menor consumo de energia.

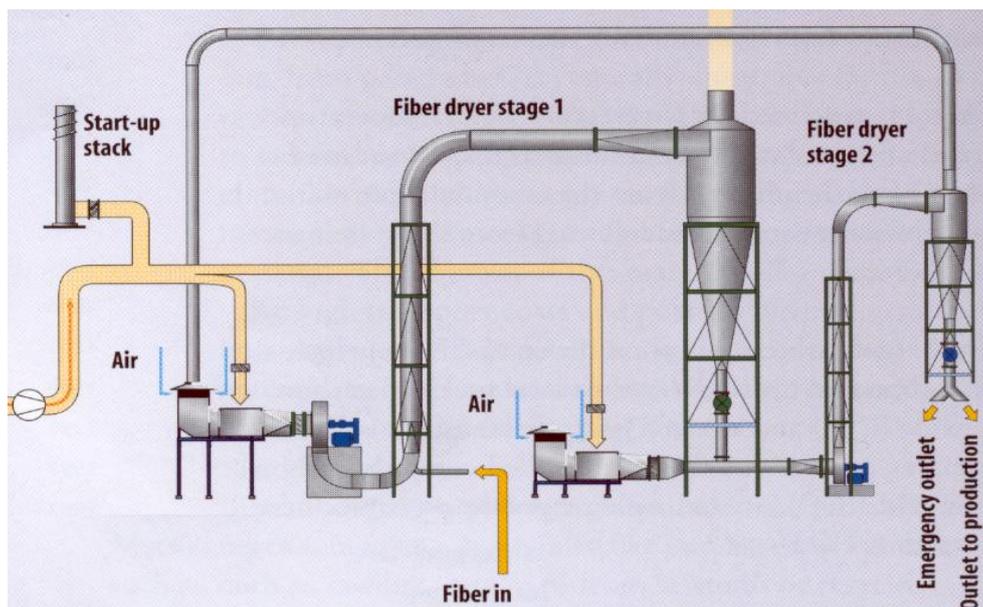


Figura 17 - Secador tubular multiestágio – Dois estágios

No que diz respeito a perda de sólidos resinosos nos dois tipos de secadores após a mistura na Blow-line, testes foram realizados e, nenhum nitrogênio foi encontrado em amostra de gás tiradas do sistema de secagem. Pode-se concluir que a resina UF não é perdida durante o processo de secagem, porém alguma pré-cura ou hidrólise pode ocorrer. Existe também uma quantidade limitada de formaldeído livre, expelido no secador. Componentes voláteis, principalmente da madeira, tem tendência de ser queimados durante a secagem.

Inúmeros fatores são associados com o rendimento e segurança na secagem, tais como; umidade inicial da fibra e sua variação, geometria da fibra, ar quente, condições climáticas e encolagem e, se não forem bem controladas, pode ocorrer contaminação, discoloração, sedimentação ou ainda, fogo ou explosão no secador.

2.2.11 Sedimentação

Os secadores são construídos de modo que sejam evitadas as sedimentações. No entanto, em determinadas áreas podem ocorrer sedimentação de fibras, devendo ser retiradas nas inspeções regulares do secador. Estas sedimentações geralmente ocorrem onde há perdas de carga, ou seja, curvas da tubulação, bifurcação separadora dos ciclones, entrada do ciclones, etc.

O que auxilia o processo de sedimentação natural ou pneumática causada pela perda de cargas, é a adição excessiva de cola em relação a alimentação do desfibrador –

A dosagem de resina é controlada pela rotação da rosca fita (rosca sem fim de extração do digestor). Se por algum motivo a rosca fita estiver trabalhando parcialmente cheia ou vazia, o sistema ainda "entenderá" que a rosca está cheia e continuará enviando a quantidade de resina para tal. Injeção de partículas demasiadamente adiantada no secador – Antes das partículas possam ser injetadas, o ventilador de secador deve ter sido acelerado para a capacidade de produção na potência de stanby, e a temperatura de entrada do secador deve ter sido aquecida da temperatura de stanby para temperatura de arranque. Limpeza ou lavagem dos bocais de resina na Blow-line.

2.2.12 Classificador de fibras (Sifter)

Entre as fibras há uma grande quantidade de partículas pesadas e grandes. Estas partículas podem ser formadas por fibras embaraçadas ou por "caroço" que são originados por má encolagem, umidade ou corpos estranhos (metal, borracha, pedra, etc.).

Estas fibras ou corpos estranhos podem provocar a abertura da chapa no processo de prensagem ou influenciar negativamente a qualidade da superfície. Pode provocar ainda, perdas de lixas por causar marcas ou estouros das mesmas. O Sifter ou classificador tem a função de separar estas partículas indesejáveis do sistema.

Enquanto na peneira o tamanho das partículas é a variável mais importante que afeta a classificação, nos classificadores a ar, o peso das partículas e a área superficial são as principais variáveis que afetam o sistema.

As partículas ficam expostas a duas forças no interior do classificador; força de arraste e força do ar ascendente. A força de arraste é diretamente proporcional a área da partícula, além da densidade, velocidade e viscosidade do fluido. As características das partículas e o diferencial destas forças é que determina se as partículas irão cair ou ser arrastadas.

As fibras provenientes do secador são descompactadas por rolos de espinhos para fluir livremente no fluxo de ar ascendente que entra através de duas câmaras. Na entrada destas câmaras há direcionadores de ar para o controle e direcionamento de fluxo (Figura 18). O ar que entra na câmara pode ser aquecido, para que em períodos frios, não tenhamos altas perdas de temperatura ou incremento de umidade.

No contato em contra corrente com o fluxo de ar, as fibras arrastadas serão enviadas ao ciclone da câmara formadora enquanto que, as partículas ruins cairão numa válvula rotativa e posteriormente numa caçamba.

Portanto pode-se dizer que o classificador aerodinâmico possui dupla função:

- Eliminar acúmulos pesados de fibra, aglomerados de madeira, metais e grumos de resina e;
- Estabilização de fibras, numa temperatura desejada, neutralizando os efeitos variáveis do ambiente climático.

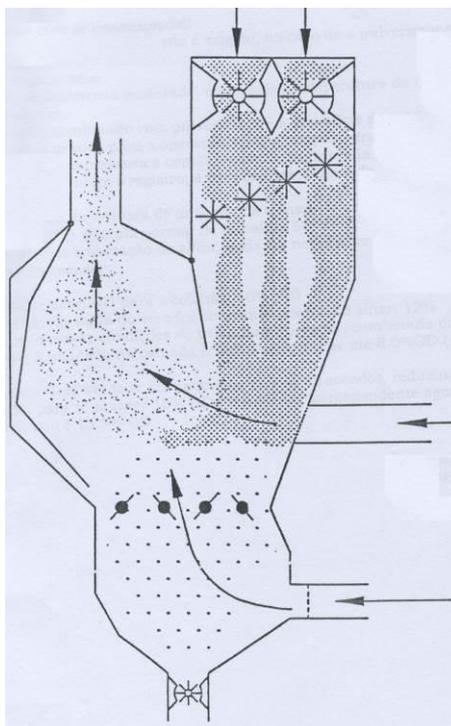


Figura 18 - Classificador de fibra (Sifter)

2.2.13 Unidade formadora

As formadoras são fundamentadas na densidade média das fibras e na sua distribuição uniforme na largura do equipamento. A preparação de um colchão uniforme e constante é uma das partes mais importantes do processo e, para isso, as fibras devem cair livremente sobre a esteira da formação.

A falta de uniformidade na distribuição resultará em variação nas propriedades físicas e variação da densidade transversal. Regiões com baixas densidades originam zonas porosas na placa. O tapete desuniforme também pode causar danos à prensa.

A variação de densidade mesmo que dificilmente notada ocorre a todo momento. Essa variação está ligada ao processo de geração de cavaco, desfibramento, encolagem e secagem. Mistura de espécies ou variações nas características da madeira picada, desfibramento ruim (baixa energia específica e/ou discos ruins), distribuição de resina

(injeção) desproporcional ou oscilante e variações de umidade final da fibra, também ocasionarão oscilações na densidade do colchão.

A unidade formadora é constituída por uma calha de distribuição, silo ou câmara dosadora, frente de descarga, rolos desintegradores, rolos espalhadores (câmara de formação) e rolos uniformizadores ou de equalização.

2.2.14 Linha de formação

A linha de formação é composta por equipamentos de auxílio que deixa o colchão formado nas características de prensagem, tais como: pré-prensa, recorte lateral e bicos pulverizadores e ainda, equipamentos de monitoramento das variáveis que afetam ou impedem a prensagem como: medidor de umidade, balança, detector de metais, etc. Outro equipamento importante no processo é o medidor de peso específico na largura do colchão. Este aparelho detecta a variação de peso instantaneamente no momento em que o colchão estiver passando por ele, enviando um sinal à sala de controle, onde o operador pode rapidamente corrigir este desvio através de mudanças nos parâmetros de formação. Isto evita problemas de qualidade superficial e propriedades físicas.

2.2.15 Pré-prensa

A pré-prensagem é necessária para consolidar o colchão para manipulação subsequente, ou seja, retirar o ar entre os espaços vazios da fibra e reduzir ao máximo a espessura do colchão sem que haja estragos no mesmo. Esse trabalho permitirá velocidades maiores com pouca abertura na prensa e uma redução na superfície de pré-curado.

Sabe-se também que a adesão entre as fibras é intensificada durante a compressão e perdas de umidade da fibra (especialmente das faces) são evitadas.

A pressão aplicada no colchão é gerada por quatro cilindros hidráulicos principais. A compressão ocorre entre os cinco pares de rolos de compressão. A pré-prensa é constituída pelos seguintes equipamentos, de acordo com a Figura 19: arcada superior e inferior; rolos acionadores, tensionadores e de compressão; cinta principal e de ventilação; quatro cilindros hidráulicos principais e tensores e dois cilindros hidráulicos de entrada e ajuste.

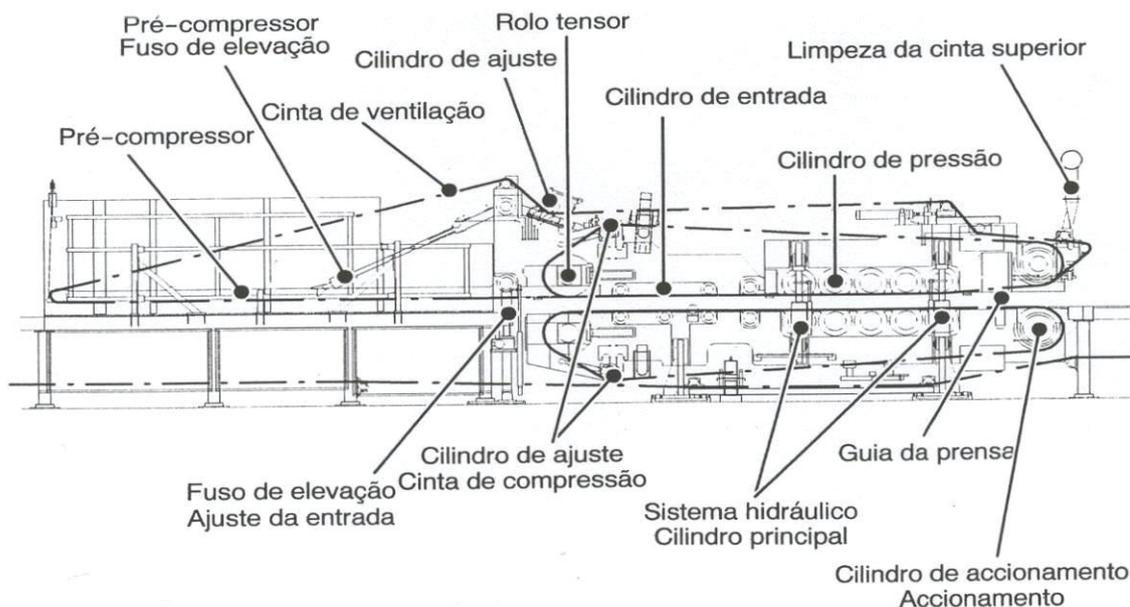


Figura 19 - Pré-prensa

A pré-prensa trabalha "flutuando", ou seja, operada por pressão e ajustada através da abertura da pré-prensa. Isto significa que, reduzindo a abertura nos parâmetros de processo, a pressão aplicada vai aumentar automaticamente.

Normalmente, um colchão duro, suficientemente comprimido, terá alcançado uma pressão hidráulica de +/- 200 bar. Em geral, a abertura da pré-prensa (área de alta pressão), é ajustado em 2,5 a 3 vezes a espessura da placa bruta.

As guias laterais são particularmente usadas para evitar o efeito de escorrimento do colchão para fora. Deve ser observado que as bordas laterais (esquerda e direita) têm o mesmo peso específico do centro da placa. Com ajuste apropriado na largura das guias laterais o perfil da placa pode ser ajustado.

O colchão sofre um pequeno retorno na sua espessura após a pré-prensagem. Para se obter uma boa desaeração e compressão do colchão, a pré-prensa é dividida em: área de evacuação de ar (área de ventilação), área de pressão média e área de alta pressão (Figura 20).

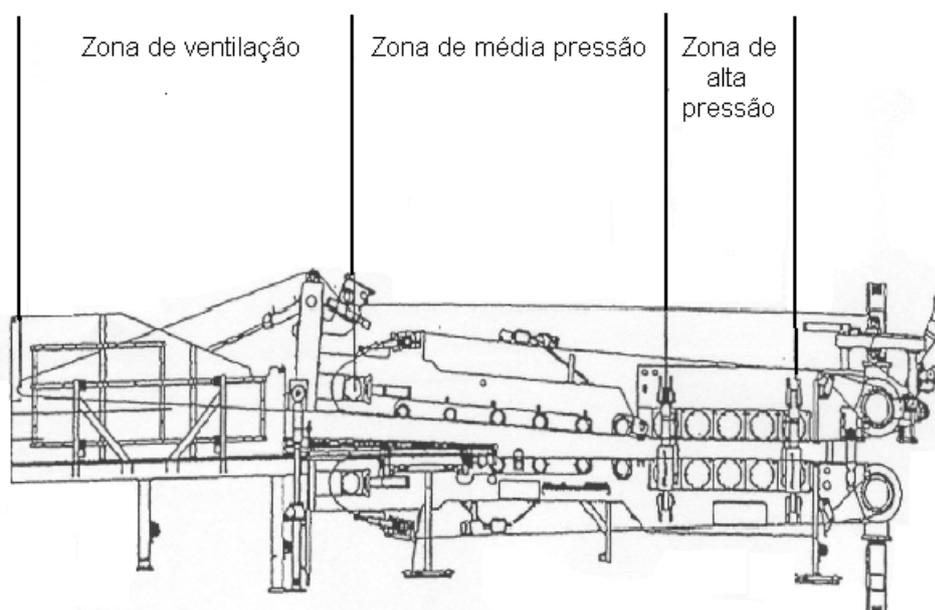


Figura 20 - Zonas da Pré-prensa

2.2.16 Prensa contínua

Nesta etapa o colchão é transformado numa placa de MDF, sendo que essa etapa é complexa e muito importante no processo. É essencial trabalhar de acordo com um ciclo de prensagem.

As vantagens básicas da prensa contínua são:

- ❖ Inexistência de tempo morto;
- ❖ Espessura da placa mais uniforme;
- ❖ Fatores de prensagem menores;
- ❖ Menor camada de sobre espessura;
- ❖ Mudança de espessura fácil e rápida.

A prensa (Figura 21) funciona da seguinte forma, primeiramente comprimi-se o colchão entre duas fitas de aço com movimento rotativo aplicando calor. A força de compressão necessária é produzida hidráulicamente através de cilindros acionados para baixo na parte superior da prensa. Estes cilindros estão apoiados em elementos de armação (arcadas ou pórticos) de distribuição sequencial ao longo do comprimento da prensa. Entre os cilindros e a fita de aço há instaladas placas térmicas (pratos de aquecimento) para transferência de calor para o produto.

Para diminuir o atrito entre a fita de aço rotativa e as placas são utilizados barras rolantes (corrente) que rodam simultaneamente com a fita. Os pratos de aquecimento são construídos em seções, a temperatura nestas seções pode ser ajustada de acordo com as exigências do processo.

A prensa é constituída de maneira simétrica, parte de baixo e de cima, somente a parte de cima é que se movimenta sob pressão hidráulica dos cilindros. Os parâmetros globais de prensagem permitem corrigir rapidamente os ajustes. São reguladas de acordo com a espessura do colchão, peso específico, umidade, parâmetros relativos a pressão, temperatura, altura da prensa, etc.. Através de um PLC (controladores lógicos programáveis) estes parâmetros são conectados ao programa. Na prática, mudando de produto na prensa significa mudar para um programa correspondente. Através dos PLC, os dados de processo são continuamente comparados ao ideais (Set point) e ajustados de acordo com os mesmos. O processo (informações e ajustes) é interamente acompanhado pelo sistema da sala de controle.

O processo de prensagem ocorre em cinco etapas, ou seja, ocorre conforme a distribuição de pressão ao longo da prensa. Coincidentemente a prensa possui cinco zonas de controle de temperatura. A qualidade da fibra, dosagem de resina, umidade do colchão, distribuição de peso específico na largura da colchão aliado a uma boa distribuição de pressão e temperatura ao longo da prensa resultam nos fatores mais importantes para transformação do colchão em um painel MDF.

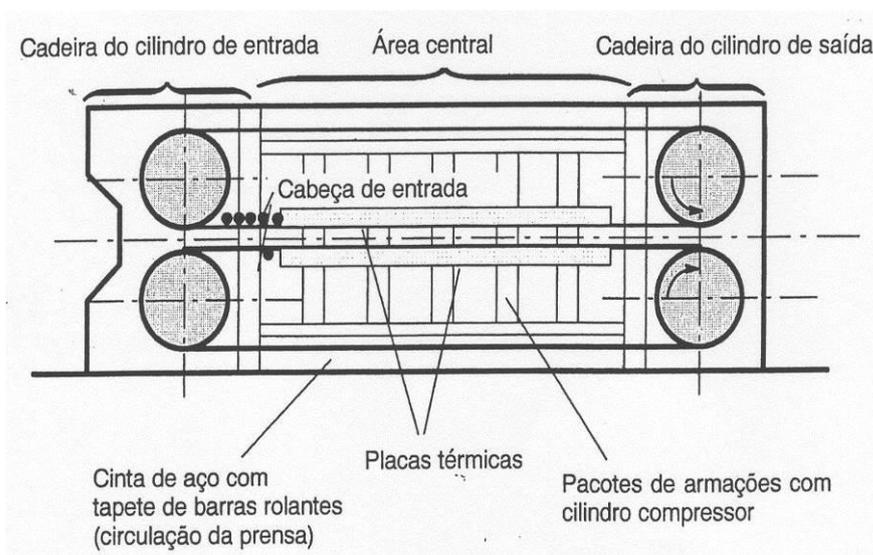


Figura 21 - Prensa Contínua

O melhor método para identificar uma boa qualidade de painel é a medida do perfil de densidade na largura da placa. Um perfil ideal (Figura 22) é um painel com uma alta densidade na superfície de aproximadamente 1000 kg/m^3 e uma baixa densidade no centro de aproximadamente 650 kg/m^3 . A alta densidade superficial auxilia na geração de uma superfície não porosa. O perfil no centro é tipicamente plano no qual ajuda a trabalhabilidade do produto e resistência física.



Figura 22 - Perfil de densidade

O parâmetro mais comum para se determinar resistência mecânica, é a tração perpendicular ao plano da placa (tração interna). Resultados laboratoriais indicam que há uma correlação entre a mínima densidade do centro com a tração interna.

2.2.17 Serra de corte transversal

A estação de corte transversal vai cortar as placas em tamanhos intermediários (placa master). O transporte da placa vai ser feito através de rolos e transportadores multi-correias.

O sistema é construído em uma estrutura comum e opera com dois cabeçotes de serra transversal, que é controlado por microprocessador. O corte transversal, de acordo com o comprimento selecionado, trabalha de um modo intermitente. No caso de defeitos locais na placa, a área em questão pode ser cortada ou a placa inteira é retirada (estação de rejeito). No caso de uma amostra de laboratório ou comercial solicitada, a peça desejada pode ser cortada.

2.2.18 Medidor de espessura

Em sete posições diferentes na largura da placa master, a espessura é monitorada continuamente por um aparato eletrônico. Os valores de espessura são mostrados eletronicamente no monitor na sala de controle. Rolos de contatos de alta precisão entram em contato com o painel e converte a variação de espessura em movimento vertical dentro do transdutor. Por meio de elemento óptico dentro das cabeças, a medida é efetuada por vias de contato. As cabeças do medidor são instaladas em pares, uma em cima e outra em baixo do painel para assegurar medidas precisas até mesmo durante flexão ou movimento vertical do painel. A calibragem eletrônica deste equipamento deve ser verificada antes do arranque, uma vez que, em operação, a recalibragem é feita automaticamente entre as placas individualmente.

Cuidado com a deformação dimensional da placa que pode ser considerável numa placa recém produzida. Essa deformação varia de acordo com as espécies de madeira, tipo de resina, grau de cura da resina no fim das etapas de prensagem e tensões internas. As dimensões e espessura da placa bruta devem ser consideradas baseadas em uma placa estabilizada, ou seja, após climatização no estoque intermediário.

Os valores de espessura para lixamento, são baseados em uma chapa resfriada e estabilizada, isto significa placas com uma divisão de umidade uniforme, tempo de cura suficiente e temperatura menor que 50 °C.

Sabe-se que há encolhimento da espessura, e isto pode interferir nos valores de lixamento. O encolhimento está relacionado com o tipo de resina e pode chegar a:

- Placa fina	(3 - 6 mm)	0,1 a 0,3 mm
- Placa média	(7 - 12 mm)	0,15 a 0,3 mm
	(12 – 19 mm)	0,2 a 0,3 mm
- Placa grossa	(20 – 32 mm)	0,5 – 0,6 mm

2.2.19 Detector de refugo oculto

Em 14 posições individuais, a homogeneidade da placa é controlada por um detector ultra sônico. Este detector deve ser calibrado de acordo com o peso da placa. Este equipamento pode ser usado para alertar ou dar aviso (sinal) para rejeitar automaticamente a placa defeituosa. A sensibilidade do instrumento é fixa de acordo com tipo de placa (peso específico, espessura, etc.).

O equipamento (Figura 23) mapea o painel usando um transmissor/receptor ultrasónico. Quando pequenas bolhas ou sopros começarem aparecer nos painéis, os sinais ultrasônico são enfraquecidos enquanto um alarme é ativado. Pode ser ignorado defeitos pequenos caso seja parametrizado. As variáveis do detector e fixa nos parâmetros de processo e é variável de 0 a 100%.

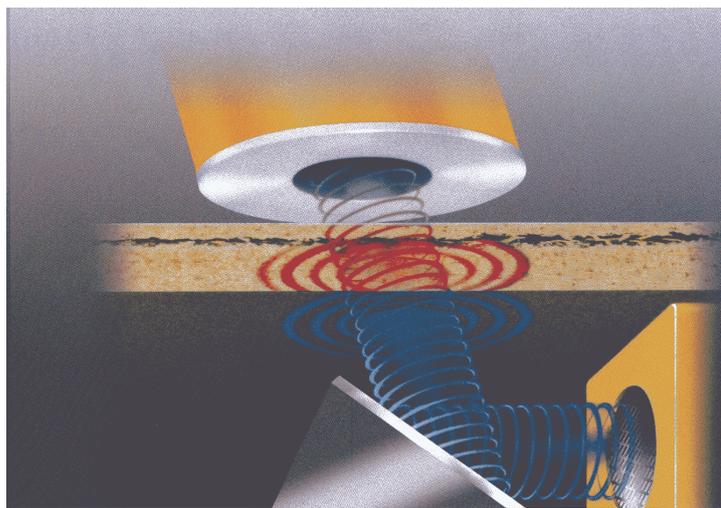


Figura 23 - Detector de refugo oculto

2.2.20 Balança de pesagem e mesa de rejeito

A balança produz um registro real da produção, onde é mostrado:

- ✓ O peso individual da placa, com advertência sobre o desvio de peso;
- ✓ Peso acumulado e total de rejeito;
- ✓ Variáveis de acordo com a data, hora e turno de produção.

Conforme o peso a mesa de rejeito pode ser acionada. A placa pode ser rejeitada automaticamente através de parâmetros ou tolerâncias fora do especificado ou manualmente. A estação de rejeito deve estar sempre na posição de trabalho. No caso de um acontecimento inesperado, a estação de rejeito deve servir como uma saída de emergência. No caso de problemas com o equipamento próximo, é feito um empilhamento de emergência. A reintrodução das placas deste empilhamento deve ser feita com uma interrupção da produção ou nas trocas de produção.

2.2.21 Resfriador

Ao sair da prensa, a cura da resina UF (uréia-formaldeído) não está completada. A umidade da placa não está distribuída uniformemente. A temperatura no centro é de aproximadamente 120 °C, as faces estão a 130 e 150 °C. Isso causa tensões internas que são equalizadas durante o processo de climatização das placas.

Além das tensões internas na placa, há também o risco de hidrólise durante o armazenamento das placas quentes. A resina de UF exposta à umidade e temperatura elevada (em torno de 70 °C), pode perder sua capacidade de aglutinação. Esta hidrólise é responsável pela redução das propriedades mecânicas da placa. No caso de hidrólise, a face da placa pode se tornar amarela e no lixamento, partículas podem se soltar. Para se evitar o risco de hidrólise, as placas são resfriadas no virador de placas (resfriador). A temperatura no centro da placa é mais baixa que 60 °C (dependendo da espessura) na saída do resfriador.

2.2.22 Área de armazenamento ou climatização

Como descrito anteriormente, devido possíveis problemas causados por tensões internas e hidrólise da resina é recomendável armazenar as placas (climatizar) em pilhas por pelo menos 2 a 3 dias dependendo da espessura. Com um transportador, as pilhas de maços são levadas e recolhidas da área de armazenamento.

Cada empilhamento e especialmente na mudança de espessura é seguido sequencialmente e lançado no sistema de monitoramento automático. Por causa deste sistema automático, as placas não podem ser removidas aleatoriamente do armazenamento sem que seja informado ao sistema.

2.2.23 Lixadeira de calibragem e acabamento

Na lixadeira de acabamento a espessura final vai ser alcançada com precisão e a face será polida em alto grau.

Os cabeçotes de acabamento possuem uma inclinação na horizontal para eliminar batidas de lixas ou ondulações nos painéis causadas por vibração de algum rolo. Nesta operação, a placa é lixada simultaneamente nas duas faces.

Comparado a uma operação de corte, as facas no lixamento, são substituídas por grãos de material de abrasão. O material abrasivo se localiza em uma cinta em forma de correia (lixa).

As lixadeiras de correia larga são utilizadas para o processamento de placas largas, em especial:

- MDF
- OSB
- PLACAS DE GESSO
- PLACAS DE CIMENTO
- PLACAS DE LÂMINAS DE MADEIRA

2.2.24 Área de recorte (cut to size)

Para se conseguir um tamanho comercial e pronto para o uso, a placa pode ser dividida de acordo com vários padrões.

Primeiro as placas são alimentadas em uma serra de aparas longitudinal. Há unidades de aparas em ambas as bordas e uma serra de divisão (posição ajustável).

Os painéis cortados em comprimento vão para uma estação de transferência angular (90 °) e são levados juntos em pilhas (máximo 210 mm de altura). Essas pilhas agora são levadas para cortes transversais. Na unidade de corte transversal existem unidades de aparas em ambas as bordas, uma delas com posição ajustável. Existem duas serras de divisão intermediárias, ambas de posição ajustável de acordo com os tamanhos exigidos.

2.3 Suprimento de matéria-prima

O suprimento de madeira da Berneck S.A. ocorre através de fornecedores terceirizados e também de florestas arrendadas para que a empresa realize a colheita da madeira para consumo próprio, tanto para a produção de painéis MDF quanto para a serraria.

Devem ser apresentados alguns requisitos básicos para que o fornecedor possa entregar sua madeira na empresa Berneck S.A., tais como:

- CFO (Certificado Fitossanitário de Origem): cada fornecedor deve apresentar este certificado, que demonstra que a floresta está livre da praga vespa da madeira (*Sirex noctilio*), sendo que este certificado deve ser renovado a cada 30 dias;

- Madeira legal: o fornecimento de matéria-prima deverá ser proveniente de áreas onde há colheita e comércio legais de madeira e não direta ou indiretamente ligada à violação dos direitos civis e tradicionais das operações florestais, violação de qualquer uma das convenções da Organização Internacional do Trabalho e violação de Leis Trabalhistas vigentes no Brasil;
- CTF (Cadastro Técnico Federal): é um documento expedido pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Este cadastro é obrigatório para pessoas físicas e jurídicas que exercem Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP) e/ou Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTF/AIDA);
- Certidão Negativa de Débito Ambiental: é uma certidão emitida pela receita federal que averigua se o requerente não tem débitos junto a órgãos públicos;
- Transporte de madeira: conforme Resolução nº 196 e 246 do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) os fúeos devem ser de ferro nas laterais, possuir uma marca amarela de 20 cm pintadas na parte superior e a carga deve obedecer à altura dos fúeos;
- Características da madeira: para o recebimento de madeira o prazo máximo após o corte é de aproximadamente 30 dias, ou seja, a madeira deve estar “verde”. A empresa recebe madeira da espécie *Pinus taeda* e/ou *Pinus elliottii*, toras com casca, comprimento de 2,40 metros, diâmetro de 8 a 18 cm, este material deve estar bem desganhado e sem bifurcações.

2.4 Parceria Florestal

Atualmente a indústria possui algumas áreas florestais próprias em Santa Catarina e mais de 2 mil hectares plantados através de parceria florestal com produtores rurais da região. O projeto industrial prevê a expansão gradativa de florestas próprias na região para que atendam entre 25% a 30% das necessidades de matéria-prima e o restante a ser comprado de terceiros.

A empresa Berneck S.A. de Curitiba (SC) realiza juntamente com a EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) um programa de promoção ao cultivo florestal, que possui tais recomendações técnicas:

Planejar o plantio: Deve-se respeitar as áreas de Reserva Legal bem como as APP's (áreas de preservação permanente);

Combate a formiga: Coloca-se um sachê de 5 ou 10 gramas de "mipis" (micro porta-isca) a cada 15 x 15 metros de distância;

Preparo do local de plantio: Descompactar o solo facilitando a penetração das raízes na terra, proporcionando condições ideais para o crescimento das mudas. Pode-se fazer um coroamento raspando-se a vegetação rente ao solo num diâmetro de 80 cm, e no centro desta coroa, para o plantio das mudas abrir covas com 20 x 20 cm de largura e com 20 cm de profundidade, revolvendo bem o solo para que fique solto e sem torrões;

Espaçamento e alinhamento: Demarcar uma linha mestra no sentido da futura retirada da madeira, fixando balizas alinhadas. A partir da linha mestra marcar as demais linhas, deixando uma distância de 2,5 metros entre elas. O espaçamento deve ser de 2,5 x 2,5 metros entre as plantas, necessitando de aproximadamente 1.600 plantas por hectare;

Plantio: Coloca-se a muda de forma bem acondicionada na cova, é necessário tomar cuidado para não enterrar demais as mudas ou deixar as raízes expostas. O coroamento de 80 cm ao redor da muda deve ser feito em dias nublados ou com o solo úmido;

Replantio: Deverá ser realizado no máximo até 90 dias após o plantio;

Roçada ou capina de limpeza: Realizar periodicamente de modo a manter a floresta livre da matocompetição, principalmente entre linhas de plantio. Recomenda-se a limpeza da área entre o 3º e o 4º mês após o plantio em sistema de coroamento;

Aceiros: Os aceiros são determinados principalmente visando impedir a propagação de incêndios, ajudando a evitar ou diminuir os perigos do fogo. A largura mínima recomendável é de 3 metros em torno da área plantada e devem ser mantidos limpos nos períodos de maior risco de fogo. Entre as divisas de terreno os aceiros devem ser maiores.

2.5 Colheita Florestal

Por se tratar de uma fábrica nova (instalada em 2012 em Curitiba) e que ainda está em desenvolvimento, a empresa Berneck S.A. possui três áreas próprias, porém a floresta está em estágio inicial entre 3 e 4 anos.

Com interesse de aumentar e manter o estoque de madeira, hoje a empresa arrenda florestas para fazer o corte raso (Figura 24), com idades próximas a 20 anos. Pois florestas neste porte são possíveis destinar aproximadamente 80% para toras com diâmetro entre 18 a 35 cm, destinadas para a serraria, e 20% de toretes com diâmetro entre 8 a 18 que serão destinados para a produção de painéis MDF.



Figura 24 - Área de corte raso. (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).

A empresa conta com um quadro de colaboradores de aproximadamente 15 pessoas para as operações de colheita, empregando para isto máquinas próprias, sendo elas:

- 2 Harvester – Figura 25
- 1 Guincho
- 4 Forwarder – Figura 26
- 1 Carregador – Figura 27
- 2 Caminhões para transporte de madeira – Figura 28



Figura 25 - Harvester realizando a colheita de madeira (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).



Figura 26 - Máquina Forwarder (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).



Figura 27 - Carregador de madeira (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).



Figura 28 - Caminhão carregado de madeira (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).

2.6 Laboratório de ensaios Físicos e Mecânicos dos painéis MDF

O laboratório da empresa Berneck S.A. tem como principal função realizar testes físicos e mecânicos diariamente para análise da qualidade dos painéis MDF que estão sendo produzidos.

As propriedades tecnológicas das amostras dos painéis são determinadas em equipamento de ensaio universal marca EMIC (Figura 29), de acordo com a norma NBR 15316 – 3 (ABNT, 2006) – Chapas de Fibra de Média Densidade – Parte 3: Métodos de Ensaio.



Figura 29 - (A) equipamento de ensaio universal e (B) realização de um teste de tração perpendicular. (Fonte: Jaqueline da Silva Batista).

Os principais testes realizados pela empresa são:

- Perfil de densidade: são confeccionadas 6 corpos de prova (50 x 50 mm) de cada chapa, dos quais determinam-se a espessura, largura e comprimento, e peso. Posteriormente são submetidos ao raio x para determinação da sua densidade;
- Resistência à tração perpendicular (kgf/cm²): confeccionam-se 6 amostras de cada painel (50 x 50 mm) para determinação da resistência a tração até a ruptura;
- Resistência a flexão estática (kgf/cm²): corpos-de-prova com comprimento de vinte vezes a espessura (50 mm), são submetidas à força aplicada em seu centro até a ruptura;
- Inchamento em espessura: amostras 50 x 50 mm são imersas em água (24 h; 20 °C) avaliando-se o seu incremento em espessura;
- Módulo de elasticidade (kgf/cm²): amostras de painéis MDF são submetidas à aplicação de força em seu centro para determinação constante que expressa a rigidez durante o regime elástico, onde não há alteração de suas características originais;
- Absorção (%): amostras de 50 x 50 mm são imersas em água (24 h; 20 °C) determinando-se o seu aumento em massa em %;

2.7 Mercado de Painéis MDF no Brasil

No Brasil o segmento de painéis reconstituídos é basicamente composto por um número reduzido de indústrias, com a particularidade de atuarem em grande escala. Com o crescimento da produção na década de 1990, os painéis de madeira estão se consolidando em posições de cada vez mais destaque, seja no setor florestal, quanto na economia do Brasil (ITEPA, 2006).

No mercado interno as principais aplicações dos painéis de MDF são as indústrias de móveis, construção civil, pisos (flooring) e ainda para revenda (ABIPA, 2006).

Até agora, nenhum tipo de painel de madeira provou ser tão interessante para os investidores quanto o MDF. Por décadas o crescimento do consumo de MDF no Brasil tem sido surpreendente e a capacidade produtiva não estava conseguindo acompanhar esse crescimento. Com preços atraentes e reduzida capacidade instalada no país, muitas empresas tomaram a decisão de investir em novas fábricas. Como resultado dos novos investimentos, houve um substancial incremento da capacidade produtiva a partir de 2001.

A capacidade produtiva entre 2006-2008 das empresas fabricantes de painéis, em mil m³/ano e de acordo com suas linhas de produtos, é apresentada na Tabela 1. É possível verificar que nesta tabela há um ligeiro crescimento na produção do painel aglomerado ou MDP da empresa Satipel Industrial S.A., resultante do aumento do comprimento da prensa contínua. Verificam-se, também, o aumento do padrão produtivo e expressivo crescimento para chapas MDF através da previsão do início de produção de novas linhas, das empresas Berneck S.A., Fibraplac Chapas MDF Ltda, Satipel Industrial S.A. e Masisa S.A., conforme mídia jornalística (BELINI, 2007).

Tabela 1- Capacidade produtiva para diversos tipos de painéis

Empresas	Chapa Fibra		Aglomerado/MDP		MDF		OSB	
	2006	até 2008	2006	até 2008	2006	até 2008	2006	até 2008
Cel. Arauco y C. S.A.			280	280	340	340		
Berneck S.A			490	490		240		
Duratex S.A	310	310	480	480	600	600		
Eucatex S.A	200	200	320	320				
Fibraplac Ch. MDF Ltda					360	360		
Masisa S.A					240	480	350	350
Satipel Ind. S.A.			700	950		240		
Tafisa S.A			220	220	400	400		
TOTAL	510	510	2490	2740	1940	2660	350	350

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A empresa Berneck S.A. Painéis e Serrados propiciou todas as condições necessárias para realização do trabalho, um ambiente agradável, com todo auxílio necessário para execução das atividades propostas.

Desta forma o acompanhamento de todas as atividades do processo produtivo da empresa foi de grande valia, proporcionando a aquisição de inúmeros conhecimentos nas áreas de suprimento de madeira, colheita florestal e linha de produção dos painéis MDF, assim como os ensaios de qualidade dos mesmos, possibilitando aplicar os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Florestal.

A partir das atividades constatou-se que a empresa segue os mais modernos padrões de produção de painéis MDF, que é o carro-chefe da Unidade de Curitiba, com tecnologia de ponta, como por exemplo o sistema de aplicação de adesivo EVOjet, onde a Berneck foi a primeira empresa a utilizar tal sistema no país.

4. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15316-1:**
Chapas de fibras de média densidade. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT - ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15316-3:**
Chapas de fibras de média densidade. Parte 3: Ensaios. Rio de Janeiro, 2006
- ABIPA – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA.**
Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>. Acesso em: 03 de junho de 2013.
- ABIPA – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA.**
Indústria Brasileira de Painéis - 2006. Disponível em:
<<http://www.abraflor.org.br/documentos/madeira2006/painel2-palestra3.pdf>>. Acesso em:
25 de abril de 2014.
- ACR - ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina.** Lages/SC 2014.
- BELINI, U. L. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do Eucalyptus grandis em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF.** 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- BNDES. **Setorial: Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas.** Rio de Janeiro, n 27, p.121-156, mar. 2008.
- CASTRO, E. M. **Processo de produção mecânica de MDF.** Dissertação de Mestrado. Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais. São Carlos, 2000.
- ITEPA. **Madeira e Mobiliário na Zona Sul do Rio Grande do Sul.** Pelotas: EDUCAT, 2006. 83p.
- IWAKIRI, S. *et al.*, PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA DE *Grevillea robusta* A. Cunn. **ex R. Br. R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, 2004.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. **PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CHAPAS AGLOMERADAS ESTRUTURAIS FABRICADAS COM MADEIRAS DE PINUS, EUCALIPTO E ACÁCIA - NEGRA**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

KOCH, G.S., KLAREICH, F., EXSTRUM, B. (1987). Adesivos para a indústria de painéis de madeira composta. Editora Noyes Data Corporation. Nova Jersey. U.S.A. MACEDO, A. R. P., ROQUE C. A. L. Painéis de Madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 6, 14p, 1997.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Caracterização regional**. Florianópolis, ICEPA, 2003.

WATAI, L.T. **Painéis derivados da madeira**. São Paulo. ABPM (Associação Brasileira de Painéis de Madeira). n. 52, 1987.