

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS - PPGCIFA

MARCELE DE FREITAS LOPES

AVALIAÇÃO DO COMÉRCIO E DA QUALIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA
COMPENSADA NA CIDADE DE MANAUS-AM

Manaus

2014

MARCELE DE FREITAS LOPES

**AVALIAÇÃO DO COMÉRCIO E DA QUALIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA
COMPENSADA NA CIDADE DE MANAUS-AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, área de concentração em Manejo e Tecnologia de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio

Manaus

2014

Ficha Catalográfica
Catalogação na fonte pela Biblioteca Central da
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Lopes, Marcele de Freitas

L864a Avaliação do comércio e da qualidade de painéis de madeira compensada na cidade de Manaus-AM / Marcele de Freitas Lopes. – Manaus, 2014.

74f. il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio

1. Lâminas de madeira 2. Madeira compensada 3. Madeira serrada-Comércio I. Pio, Nabor da Silveira (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 2007 674.038.6(811.3)(043.3)



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER
Defesa nº 150

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **MARCELE DE FREITAS LOPES**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**AVALIAÇÃO DO COMÉRCIO E DA QUALIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA NA CIDADE DE MANAUS - AM**" é de parecer favorável à Aprovação da mestranda habilitando-a ao título de Mestre "*Magister Scientiae*" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Professor Doutor Nabor da Silveira Pio
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Presidente da banca examinadora

Pesquisador PhD. Bázilio Frasco Vianez
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Primeiro examinador

Professor Doutor Fernando Cardoso Lucas Filho
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Segundo examinador

Manaus, 14 de março de 2014.

Prof. Dr. Marciel José Ferreira
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPG-CIFA

A Deus,

*A minha mãe Meire Jane Freitas, a minha
avó Líndalva Freitas e meu avô Afonso Freitas.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, coragem e pelas oportunidades de aprendizado e evolução;

Ao meu orientador, Professor Dr. Nabor da Silveira Pio, pela orientação, amizade e paciência;

À Universidade Federal do Amazonas - UFAM, pela oportunidade oferecida;

Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, por permitir o uso da serraria para a confecção-dos-corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos;

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, por permitir a utilização da unidade experimental de painéis de madeira – UEPAM para a realização dos ensaios mecânicos;

A todas as demais pessoas que contribuíram para que esse trabalho fosse possível.

RESUMO

A indústria de painéis de madeira é importante para a economia brasileira, sobretudo pela dinâmica de novas tecnologias associada à geração de renda e emprego nos setores moveleiro e da construção civil, sendo este o de maior crescimento atualmente no País. O consumo de madeira serrada vem diminuindo gradativamente, enquanto que o consumo de painéis possui uma tendência crescente. Os painéis de madeira compensada podem ser produzidos como de uso geral, industrial, decorativo e estrutural/naval, em função do tipo de adesivo e lâminas utilizadas na sua composição. A qualidade de um painel compensado depende das características da madeira empregada, da qualidade das lâminas e dos procedimentos utilizados na manufatura dos painéis. O objetivo do trabalho foi avaliar o comércio de painéis madeira compensada na cidade e caracterizar suas propriedades físicas e mecânicas visando conhecer sua qualidade. Os painéis foram selecionados aleatoriamente nas empresas e submetidos aos ensaios das propriedades físicas como a massa específica aparente e absorção de água após 24hs; mecânicas a flexão estática com a determinação do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) e resistência na linha de cola nas condições seco e úmido, segundo o Projeto de Norma de Compensado ABNT 31:000.05-001/3. O procedimento estatístico adotado para avaliar as propriedades físico-mecânicas foi o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC. A análise dos resultados foram feitas por meio da ANOVA, pelo teste F e comparação de média pelo teste de Tukey ambos ao nível de probabilidade de 5%. Os resultados foram comparados com os valores mínimos da NBR 31.000.05-001/2:2001 que serviu de parâmetro para o enquadramento dos resultados para saber se estavam ou não de acordo com a norma. O comércio de painéis na cidade está em evolução, fato atrelado ao crescimento do setor da construção civil. A qualidade apresentada pelos painéis em função de suas propriedades físicas e mecânicas atende aos requisitos da norma, em sua maioria e indicam um bom uso comercial.

Palavras chaves: painéis de madeira, comercialização, propriedades físicas e mecânicas.

ABSTRACT

The wooden panel industry is important for the Brazilian economy, especially the dynamics of new technologies associated with the generation of income and employment in the furniture and construction sectors, which is currently the fastest growing sector in the country 's consumption of lumber has gradually decreasing, while the intake panel has a growing trend. The consumption of lumber has decreased gradually, while the consumption of panels has a growing trend. The plywood panels can be produced as general industrial, decorative and structural/naval use, depending on the type of adhesive and blades used in its composition. The quality of a plywood panel depends on the characteristics of the wood used, the quality of the slides and the procedures used in the manufacture of panels. The objective of this study was to evaluate the trade of timber plywood panels in the city and characterize its physical and mechanical properties aiming to know its quality. The panels were randomly selected in companies and subjected to the tests of physical properties such as bulk density and water absorption after 24 hours, the mechanical bending with the determination of the modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) and strength in line of glue in wet and dry conditions, according to the Draft Standard Plywood ABNT 31:000.05-001/3. The statistical procedure used to evaluate the physical and mechanical properties was completely randomized design - DIC. The results were made using ANOVA, the F test and compare means by Tukey test both the probability level of 5 %. The results were compared with the minimum values of NBR 31.000.05-001/2:2001 which served as a parameter for the classification of results as to whether or not they agreed with the standard. Trade in panels in the city is evolving, tied to the growth of the construction industry indeed. The quality presented by the panels due to its physical and mechanical properties meet the requirements of the standard, and mostly indicate a good commercial use.

Keywords: wooden panels, marketing, physical and mechanical properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da produção dos painéis reconstituídos e compensados no Brasil (2000-2009 ¹).....	25
Figura 2: Evolução do consumo nacional dos painéis reconstituídos e painéis compensados (2000-2009 ¹).....	26
Figura 3: Ensaio de flexão estática.....	45
Figura 4: Corpo de prova resistência na linha de cola (dimensões em mm).....	46
Figura 5: Ensaio de resistência na linha de cola.....	46
Figura 6: Retirada dos corpos de prova para os ensaios das propriedades mecânicas do compensado.....	47
Figura 7: Mapa da Hidrovia do Rio Madeira.....	49
Figura 8: Espessuras de painéis compensados mais comercializadas	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Norma utilizada propriedade físicas e mecânicas.....	43
Tabela 2: Delineamento experimental.....	48
Tabela 3: Procedência dos painéis compensados.....	49
Tabela 4: Quantidade de painéis compensados comercializados (m ³ /mês).....	51
Tabela 5: Tipos de compensados mais vendidos.....	52
Tabela 6: Consumidores potenciais.....	52
Tabela 7: Valores médios da massa específica aparente (g/cm ³) dos painéis com 12 mm de espessura.....	53
Tabela 8: Valores médios da massa específica aparente (g/cm ³) dos painéis com 15 mm de espessura.....	53
Tabela 9: Absorção de água (AA) (%) dos painéis compensados com 12 mm de espessura.....	55
Tabela 10: Absorção de água (AA) % dos painéis compensados com 15 mm de espessura.....	55
Tabela 11: Valores médios do módulo de elasticidade para painéis com 12 mm de espessura.....	57
Tabela 12: Valores médios do módulo de ruptura para painéis com 12 mm de espessura.....	58
Tabela 13: Valores médios do módulo de elasticidade para painéis com 15 mm de espessura.....	59
Tabela 14: Valores médios do módulo de ruptura para painéis com 15 mm de espessura.....	59
Tabela 15: Valores médios de resistência da linha de cola (seco) para painéis com 12 mm de espessura.....	62
Tabela 16: Valores médios de resistência da linha de cola (úmido) para painéis com 12 mm de espessura.....	62
Tabela 17: Valores médios de resistência da linha de cola (seco) para painéis com 15 mm de espessura.....	63
Tabela 18: Valores médios de resistência da linha de cola (úmido) para painéis com 15 mm de espessura.....	64

LISTA DE SIGLAS

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente

ABIPA - Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA – Análise de Variância

CPP - Centro de Pesquisa do Paricá

HDF - High Density Fiberboard ou Painel de Fibras de Alta Densidade

MDF - Medium Density Fiberboard ou Painel de Fibras de Média Densidade

MDP - Medium Density Particleboard ou Painel de Partículas de Média Densidade

MOE – Módulo de elasticidade

MOR – Módulo de ruptura

OSB - Oriented Strand Board ou Painel Estrutural de Tiras de Madeira Orientadas

UEPAM – Unidade Experimental de Painéis de Madeira

UFLA – Universidade Federal de Lavras

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
PRESSUPOSTO	17
PROBLEMA DA PESQUISA.....	18
JUSTIFICATIVA.....	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 GERAL	20
2.2 ESPECÍFICOS	20
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	21
3.1 PAINÉIS DE MADEIRA	21
3.1.1 <i>Classificação de painéis de madeira</i>	22
3.2 PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA – HISTÓRICO, DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	22
3.3 PRODUÇÃO DE PAINÉIS NO BRASIL	24
3.3.1 <i>Mercado e perspectivas para painéis reconstituídos de madeira</i>	26
3.4 INDÚSTRIA DE COMPENSADOS NO BRASIL	27
3.5 PRODUÇÃO DE COMPENSADO NO BRASIL	27
3.5.1 <i>Compensado de Pinus</i>	28
3.5.2 <i>Compensado de Paricá (Schizolobium amazonicum)</i>	29
3.6 FATORES QUE AFETAM AS CARACTERÍSTICAS DOS PAINÉIS COMPENSADOS	30
3.6.1 <i>Características da madeira</i>	30
3.6.2 <i>Características das lâminas</i>	31
3.6.3 <i>Colagem</i>	33
3.6.3.1 <i>Condições de colagem</i>	33
3.6.3.2 <i>Tempo de montagem</i>	35
3.6.4 <i>Aplicação de adesivos</i>	35
3.6.5 <i>Condições de prensagem</i>	36
3.7 APLICAÇÕES E PRINCIPAIS USOS DOS PAINÉIS COMPENSADOS	37
3.7.1 <i>Vantagens do painel compensado sobre a madeira sólida</i>	38
3.8 <i>Vantagens de um sistema de qualidade</i>	39
3.9 PROGRAMA NACIONAL DE QUALIDADE DA MADEIRA (PNQM)	39
4. MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1 COLETA DO MATERIAL	41
4.2 DESCRIÇÃO DOS PAINÉIS AVALIADOS	41
4.3 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO	42
4.4 ENSAIOS FÍSICOS / MECÂNICOS	42
4.4.1 <i>Absorção de água após 24 horas de imersão</i>	43
4.4.2 <i>Massa específica aparente</i>	44
4.4.3 <i>Flexão estática paralela e perpendicular – Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR)</i>	44
4.4.4 <i>Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento</i>	46
4.5 DESCRIÇÃO DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	47
4.5 ÉTICA EM PESQUISA	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1. ANÁLISE DA COMERCIALIZAÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS EM MANAUS/AM	49
5.1.1 <i>Procedência dos painéis compensados</i>	49
5.1.2 <i>Espessuras mais comercializadas</i>	50
5.1.3 <i>Quantidade de painéis compensados comercializados</i>	51
5.1.4 <i>Tipos de painéis mais comercializados e consumidores potenciais</i>	51
5.2 PROPRIEDADES FÍSICAS	53
5.2.1 <i>Massa específica aparente</i>	53
5.2.2 <i>Absorção de água (%) após 24 horas de imersão</i>	54
5.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS	57

5.3.1 Flexão estática.....	57
5.3.2 Resistência na linha de cola (seco e úmido).....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
APÊNDICES.....	72

INTRODUÇÃO

A indústria de painéis de madeira possui relevante importância para a economia brasileira devido à geração de divisas e empregos, especialmente nos setores moveleiro e de construção civil e também pelo fato do Brasil apresentar uma vasta área de florestas nativas e de reflorestamento. Com o passar dos anos, percebeu-se a necessidade cada vez maior de racionalização da madeira, principalmente através do desenvolvimento de novas tecnologias, que, além de diminuir a geração de resíduos com a melhor utilização dos recursos florestais, também melhoram algumas de suas propriedades. Com isso começaram a surgir ao longo dos anos os painéis à base de madeira como: compensados, particulados e os painéis de fibras (FERREIRA *et al.*, 2012).

Do ponto de vista da tecnologia dos produtos florestais e em uma análise bastante simplificada e didática, pode-se dizer que a madeira vivencia hoje uma terceira geração na evolução de seus produtos. A primeira geração é composta dos produtos de madeira roliça (*round timber*), com processamento elementar, consistindo basicamente de uma segmentação (eventual) do fuste da árvore, ao longo de seu comprimento. A segunda geração compreende os produtos de madeira serrada, eventualmente aplainada e classificada, da qual fazem parte os pranchões, pranchas, colunas, vigas, tábuas, caibros, ripas, entre outros. A terceira geração compreende uma grande variedade de produtos florestais à base de madeira reconstituída que passaram em maior ou menor grau, por um processo industrial. Dos produtos à base de madeira enquadrados como de terceira geração, o mercado brasileiro tem disponíveis painéis estruturais (compensado e OSB) e os painéis não-estruturais (MDF, chapas duras e aglomeradas, atualmente denominadas MDP – *Medium Density Particleboard*).

Os painéis compensados podem ser classificados como de uso exterior e interior, diferenciados principalmente em função do tipo de resina utilizada. O compensado de uso exterior é definido como painel produzido com adesivo à prova d'água, apresentando características de alta resistência mecânica e destinado a aplicações que requerem alta resistência à umidade do ambiente e ao contato direto com a água. Com relação ao processo de produção de compensado, as interações entre as variáveis do mesmo são muito

abrangentes. As características inerentes à madeira, o tipo, a quantidade e a composição do adesivo, assim como os procedimentos empregados na colagem de lâminas, são de fundamental importância na qualidade dos painéis (BALDWIN, 1995; SELLERS, 1985).

Devido às pressões ambientais, ao aumento do consumo e ao distanciamento das reservas naturais das espécies consideradas tradicionais, dos grandes centros consumidores, o abastecimento de matéria-prima para as indústrias passou a ser prejudicado. Para contornar este problema, uma das opções foi à utilização de madeira de reflorestamentos. Hoje os plantios estabelecidos com espécies de rápido crescimento, principalmente pinus e eucaliptos, constituíram-se como principais fontes na produção de serrados, compensados e outros produtos a base de madeira (SBS, 2006).

As espécies de *Pinus* apresentam a vantagem de rápido crescimento, no entanto existem também algumas limitações técnicas. A baixa densidade e a alta permeabilidade da madeira são alguns dos fatores citados por Marra (1992), e que também influenciam significativamente no processo de colagem dos painéis e na resistência da linha de cola.

No caso específico de coníferas de rápido crescimento, as diferenças em densidade entre os lenhos inicial e tardio são limitações técnicas na colagem das lâminas destas espécies (Tsoumis, 1991). Kollman *et al.* (1975) afirmam que, como regra geral, a grande variabilidade na densidade da madeira de coníferas depende mais da porcentagem relativa do lenho tardio do que da variabilidade das densidades individuais dos lenhos inicial e tardio.

Segundo Iwakiri (2005) o compensado é um painel fabricado através da colagem de lâminas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes.

De acordo com Suchsland (1972), o balanceamento estrutural de um compensado com número ímpar de camadas pode ser alcançado, mesmo utilizando lâminas de espécies e espessuras diferentes, desde que o plano de simetria seja mantido, para o equilíbrio de parâmetros elásticos entre as lâminas que constituem o painel, com o sentido da grã adjacente perpendicularmente à outra. Suas camadas podem ser constituídas de uma única lâmina ou de duas ou mais lâminas, desde que suas grãs estejam paralelas.

A alternância no sentido da grã nas camadas adjacentes confere ao painel estabilidade dimensional em sua largura (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999).

Os painéis compensados de madeira podem ser produzidos para uso geral, industrial, decorativo e estrutural/naval, em função do tipo de adesivo e lâminas utilizadas na sua composição (Baldwin, 1981; Sellers, 1985; Tsoumis, 1991).

A qualidade de um painel compensado depende das características da madeira empregada, da qualidade das lâminas e dos procedimentos utilizados na manufatura dos painéis. O conjunto desses fatores, incluso entre eles o tipo de adesivo empregado, reflete diretamente sobre as propriedades físicas e mecânicas dos compensados (ARCHER, 1948).

A exportação de compensados foi prejudicada pela valorização da moeda nacional e por preços internacionais em baixa, porém o mercado interno tem vivenciado um bom momento principalmente o setor da construção civil vem contribuindo de maneira expressiva. Além disso, o governo federal estimulou a demanda interna reduzindo o IPI dos móveis, gerando um crescimento do mercado de embalagens e da construção civil.

Nos últimos anos, o compensado tem enfrentado períodos de grande competitividade, sendo gerados pelo avanço de outros painéis de madeira no mercado, como o MDF (*Medium Density Fiberboard*).

Por este motivo, torna-se importante considerar medidas que venham a melhorar a competitividade dos painéis compensados, colocando-o em igualdade de condições com esses painéis de madeira. Para tal, alguns aspectos devem ser considerados, sendo que, aumentos de produtividade, qualidade e diminuição dos custos operacionais estão entre os principais. Além, do estado do Amazonas não possuir uma indústria desse segmento, os dados da pesquisa poderá subsidiar uma futura instalação.

Tendo em vista o aumento do consumo de painéis compensados na cidade de Manaus-AM, a pesquisa visa conhecer o quantitativo de compensados comercializados ($m^3/mês$), principais espessuras vendidas, sua procedência, principais consumidores e testar as propriedades físicas e mecânicas com o objetivo de conhecer a qualidade dos painéis.

PRESSUPOSTO

Esse levantamento buscou conhecer a atual situação do mercado consumidor de painéis de madeira compensada e sua respectiva qualidade, no intuito de servir como embasamento na implantação de uma indústria de painéis de madeira compensada na cidade de Manaus-AM. Além, de saber o potencial de comercialização do produto.

A capital do estado do Amazonas é uma das cidades mais desenvolvidas e populosas da Região Norte, isso faz com que haja uma demanda maior por diversos bens e serviços.

Os setores da construção civil e movelaria são exemplos de desenvolvimento, devido o crescente investimento dos segmentos no País, com inúmeros lançamentos de empreendimentos imobiliários, atrelados à facilidade de compra da casa própria, aumenta o consumo de matérias de construção e indústria moveleira, que devido a questões ambientais relacionadas à sustentabilidade utilizam painéis para fabricação dos móveis, consequentemente irá aumentar também o consumo de painéis compensados na cidade.

PROBLEMA DA PESQUISA

O painel de madeira compensada ainda é utilizado nos dias atuais para diversas finalidades, apesar de vir sofrendo alta competição por outros tipos de painéis disponíveis no mercado.

Atualmente, com o comportamento da atividade econômica e o forte consumo doméstico, devido a novas habitações, a demanda pelo produto cresce.

No estado do Amazonas inexistente indústria que produza tais painéis, nem tão pouco se sabe qual a quantidade e nem a qualidade desses painéis disponíveis para compra nas lojas que comercializam o produto.

Entretanto a falta de conhecimento da quantidade de painel compensado consumida na cidade de Manaus-AM, da qualidade desses painéis disponíveis, das espessuras mais comercializadas e sua origem, aliado ao grande número de construtoras e movelarias que utilizam compensado, chama a atenção para estudos referentes à qualidade do produto que está sendo ofertado no mercado, bem como a possibilidade de instalação de uma planta industrial, visando o contexto social com geração de emprego e o pagamento de impostos.

JUSTIFICATIVA

A indústria de painéis de madeira é importante para a economia brasileira, não só pela geração de divisas e empregos, como também pelo dinamismo que promove aos setores da indústria moveleira e da construção civil, que são os principais consumidores de painéis compensados no Brasil (VIEIRA, 2012).

Em relação à madeira maciça o compensado apresenta vantagens como ausência do efeito da anisotropia, utilização de madeiras de reflorestamento de rápido crescimento e madeiras de densidade média que, na produção do painel, conferem alta razão de compactação e alta resistência mecânica para aplicação estrutural (MENDES e ALBUQUERQUE, 2000).

Os painéis compensados vêm substituindo a madeira maciça em diversos tipos de estruturas. Em função da possibilidade de melhor aproveitamento da madeira, e de possível controle das variáveis de produção sobre suas propriedades físicas e mecânicas (MENDES, 2011).

O painel de compensado tem múltiplas aplicações: construção civil, móveis, formas para concreto, embalagens, dentre outras.

Suas características mecânicas, grandes dimensões e variedades de tipos adaptáveis a cada uso, constituem os principais atributos para justificar a ampla utilização deste material.

O crescente investimento no setor da construção civil no País, com inúmeros lançamentos de empreendimentos imobiliários, atreladas a facilidade de compra da casa própria, ajudam no aquecimento desse setor. Com isso a indústria madeireira também tem a oportunidade de aumentar o consumo de painéis compensados, mas a ausência de uma planta de painéis compensado na cidade impede que o Estado do Amazonas possa desfrutar desse momento vivido pela construção civil. Fato que poderia ser diferente se tivesse uma indústria deste segmento, gerando empregos, além de se obter o produto na própria cidade, impulsionando o setor produtivo, gerando empregos e a arrecadação de impostos para o estado.

Dessa forma é necessário um estudo para saber a realidade do setor na cidade de Manaus, bem como a qualidade dos painéis que estão expostos a venda, quantidade utilizada, bem como o perfil do consumidor.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o comércio dos painéis de madeira compensada na cidade de Manaus-AM e caracterizar suas propriedades físicas e mecânicas visando conhecer sua qualidade.

2.2 Específicos

- ✓ Identificar os pontos de comercialização dos painéis, sua procedência, as principais espessuras vendidas, a quantidade consumida, os tipos de compensados comercializados e consumidores potenciais no mercado local;

- ✓ Avaliar a qualidade dos painéis por meio das propriedades físicas: massa específica aparente e absorção de água após 24hs de imersão; e mecânicas: flexão estática paralela e perpendicular – módulo de elasticidade e módulo de ruptura – e resistência na linha de cola (seco e úmido).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Painéis de madeira

Os painéis podem ser definidos como produtos de elementos de madeira obtidos a partir da redução da madeira sólida, e reconstituídos através de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005).

A colagem da madeira contribui de forma direta na conservação de recursos florestais, tendo em vista a possibilidade de aproveitamento integral deste material, por meio da utilização de pequenos elementos de madeira de forma e dimensões variadas para posterior aplicação em diversos tipos de produtos, utilizando métodos e processos adequados para cada finalidade (IWAKIRI, 2005).

Os elementos básicos para os compostos de madeira tais como grã curta e longa, elementos fibrosos e químicos têm uma grande variação quanto ao tamanho e a forma, podendo ser utilizados sozinhos ou combinados. Atualmente estes compostos são usados em conjunto com adesivo, variando esta combinação do painel de fibra até aos componentes laminados (PRATA, 2006).

Estes compostos são usados para usos estruturais e não estruturais, nas linhas de produtos que variam dos painéis para finalidade de uso interior aos painéis para usos exteriores e suportam estruturas em muitos tipos de edifícios (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999).

Os painéis de madeira surgiram da necessidade de amenizar a anisotropia e a instabilidade dimensional da madeira maciça, diminuir seu custo e melhorar as propriedades isolantes, térmicas e acústicas. Adicionalmente, suprem uma necessidade reconhecida no uso da madeira serrada e ampliam a sua superfície útil, através da expansão de uma de suas dimensões (a largura), para, assim, otimizar a sua aplicação (ZENID *et al.*, 2004).

O desenvolvimento tecnológico verificado no setor de painéis tem contribuído para o surgimento de novos produtos no mercado, que vêm preencher os requisitos de uma demanda cada vez mais especializada e exigente (REMADE, 2004).

O Brasil está entre os países mais avançados do mundo na fabricação de painéis de madeira reconstituída. É também o país com o maior número de

fábricas de última geração. Com investimentos contínuos em tecnologia e automação, as empresas construíram versáteis e modernos parques industriais destinados à instalação de novas unidades, à atualização tecnológica das plantas já existentes, à implantação de linhas contínuas de produção e aos novos processos de impressão, de impregnação, de revestimento e de pintura (ABIPA, 2010).

As utilizações dos painéis de madeira estão diretamente associadas às propriedades físicas e mecânicas dos mesmos. As restrições técnicas para o uso e a aplicação de diferentes tipos de painéis de madeira envolvem características como resistência, uso interior ou exterior, uniformidade da superfície, tolerância à usinagem, resistência à fixação de parafusos, entre outros. Diferentes tipos de painéis de madeira podem sobrepor tais restrições técnicas (ABIMCI, 2009).

Os principais usos e aplicações dos painéis de madeira estão associados principalmente aos segmentos da construção civil e de móveis. Os painéis de madeira podem ser diferenciados por suas propriedades, as quais permitem aplicações nesses dois segmentos (ABIMCI, 2009).

3.1.1 Classificação de painéis de madeira

Os painéis de madeira reconstituídos podem ser classificados como compostos laminados ou compostos particulados.

Nos compostos laminados, estão inclusos os compensados laminados e os compensados sarrafeados.

Nos compostos particulados existem os painéis minerais com partículas do tipo “flake” e “excelsior”, os painéis de fibras subdivididos em fibras duras, M.D.F, H.D.F e isolantes e os painéis aglomerados do tipo convencional, “waferboard” e O.S.B. (MENDES, 2001).

3.2 Painéis de madeira compensada – histórico, definição e classificação

O termo "compensado" foi introduzido pela primeira vez na terminologia industrial durante a primeira guerra mundial. Até aquela data, os produtos deste tipo eram chamados de folheados (PLYWOOD PIONEERS ASSOCIATION, 2008). O progresso tecnológico da laminação surgiu mesmo com o desenvolvimento do torno desfolhador na metade do século XIX. A primeira

patente conhecida data de 1840 nos Estados Unidos da América e a segunda, de 1844 na França. Mas, o compensado começou a ser fabricado comercialmente no início do século XX, nos Estados Unidos, a partir da espécie Douglas fir (BALDWIN, 1981).

No Brasil, os compensados foram introduzidos por volta de 1928 e 1945, respectivamente nos estados de São Paulo e Paraná. O produto tem múltiplas aplicações na construção civil, na indústria moveleira e no mercado de embalagens. Particularmente para a construção civil o compensado é utilizado por sua qualidade superior e resistência à umidade (fôrmas de concreto), representando um produto de maior valor agregado em relação à tradicional madeira serrada, extensivamente comercializada no Brasil. Atualmente grande número de indústrias atende à demanda nacional deste produto.

O compensado é um painel constituído de lâminas de madeira sobrepostas e cruzadas entre si, as quais são unidas por resinas, através da aplicação de pressão e calor. Para sua fabricação utiliza-se geralmente uma quantidade ímpar de lâminas. A qualidade do compensado depende, entre outros aspectos, da qualidade das lâminas empregadas na sua composição (incidência de defeitos, número de emendas, coloração entre outros) (ABIMCI, 2009).

A composição do painel compensado na forma de laminação cruzada juntamente com a restrição da linha de cola procura balancear os diferentes comportamentos físico-mecânico exercidos pelas lâminas de camadas adjacentes, dispostas nos sentidos longitudinal e perpendicular ao plano da chapa (SUCHSLAND, 1972).

Segundo Iwakiri (2005) o compensado é um painel fabricado através da colagem de lâminas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes.

Na produção de painéis compensados, são utilizadas madeira de pinus, em maior quantidade, madeiras tropicais e eucaliptos (ABIMCI, 2009).

A designação do uso final do compensado é função da espécie, da qualidade das lâminas, do arranjo e do tipo de adesivo usado na fabricação da chapa. Segundo Forest Products Laboratory (1999), os compensados podem classificar-se em dois grandes grupos: compensados industriais/construção e compensados decorativos de folhosas. De uma forma geral, os compensados

do primeiro grupo são usados quando características de resistência e rigidez são desejadas no produto final, e as do segundo grupo, quando a aparência é mais importante que a resistência. Os adesivos utilizados na confecção destes dois grupos de compensados são diferentes e específicos para se obter um melhor desempenho quanto ao local de utilização. Assim, os compensados são classificados também pela sua capacidade à exposição e a umidade em dois tipos de ambientes: exterior e interior. O primeiro é conhecido como "a prova de água", por ser o adesivo insolúvel em água, e o segundo é "resistente à umidade", sendo o adesivo resistente à umidade do ar, mas não à água líquida.

Os painéis compensados de madeira podem também ser classificados como de uso geral, industrial, decorativo e estrutural/naval, em função do tipo de adesivo e lâminas utilizadas na sua composição. O compensado estrutural/naval caracteriza-se pela utilização de lâminas finas em grande número de camadas com colagem à base de resina fenol-formaldeído, o que confere aos painéis alta resistência mecânica e resistência à umidade (SELLERS, 1985; TSOUMIS, 1991).

Com relação aos principais usos e aplicações, o compensado atende a uma demanda diversificada que se mostra fortemente segmentada entre construção civil, indústria moveleira, embalagens, entre outros (ABIMCI, 2009).

Segundo (ABIMCI, 2007), os valores do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), na flexão estática para o compensado, são mais expressivos que os encontrados nos painéis OSB, MDF e aglomerado.

3.3 Produção de painéis no Brasil

Segundo o estudo setorial da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2009), a indústria brasileira de compensados produziu aproximadamente 2,5 milhões de metros cúbicos de compensados de coníferas e de folhosas no ano de 2008, estes são os últimos dados disponíveis.

Conforme informações da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA (2010), as empresas fabricantes de MDF têm capacidade nominal instalada de 4,1 milhões de metros cúbicos ao ano, enquanto as empresas fabricantes de painéis MDP têm capacidade nominal instalada de 4,8 milhões de metros cúbicos ao ano.

A Figura 1 representa a evolução anual da produção dos painéis reconstituídos (MDF, MDP e chapa dura) e compensados de pinus, respectivamente, desde o início da década passada, na indústria brasileira, estes foram os últimos dados atualizados disponíveis.



Figura 1: Evolução da produção dos painéis reconstituídos e compensados no Brasil (2000-2009¹)

Fonte: ABIPA, ABIMCI, AMS, BRACELPA, (2009/2010), adaptado por STCP e divulgado pela ABRAF (2010).

Notas: ¹Dados estimados em 2009. ²Painéis Reconstituídos, segundo ABIPA, incluem: MDP, MDF e Chapa Dura (OSB excluído).

Na Figura 1 pode-se observar que a produção de painéis reconstituídos encontra-se em crescimento contínuo, enquanto a produção de painéis compensados está decrescendo desde 2006, ano subsequente ao que apresentou a maior produção na referente década.

3.3.1 Mercado e perspectivas para painéis reconstituídos de madeira

A Figura 2 representa a evolução anual do consumo dos painéis reconstituídos (MDF, MDP e chapa dura) e compensados de pinus no mercado brasileiro, no período que compreende os anos de 2000 a 2009, nos quais foram os últimos dados divulgados.



Figura 2: Evolução do consumo nacional dos painéis reconstituídos e painéis compensados (2000-2009¹)

Fonte: ABIPA, ABIMCI, AMS, BRACELPA, (2009/2010), adaptado por STCP e divulgado pela ABRAF (2010)

Notas: ¹Dados estimados em 2009. ²Painéis Reconstituídos, segundo ABIPA, incluem: MDP, MDF e Chapa Dura (OSB excluído).

Na Figura 2 pode-se observar que o consumo nacional de painéis reconstituídos apresentou crescimento contínuo, enquanto o consumo nacional de painéis compensados foi inferior à produção nacional deste produto, conforme apresenta o gráfico.

3.4 Indústria de compensados no Brasil

O início da produção de painel compensado no mundo se deu por volta do ano de 1928, e os primeiros painéis de madeira fabricados no Brasil foram os compensados e tiveram sua instalação, primeiramente, no sul do país nos anos de 1945, sendo a matéria-prima principal o pinho, madeira extraída da *Araucaria angustifolia*, popularmente conhecida como Pinheiro do Paraná.

Devido à expansão da agricultura e a derrubada e extração excessiva de madeira na região Sul, região caracterizada principalmente pela presença de Pinheiro do Paraná, as fábricas de compensados na década de sessenta migraram para o Norte do país.

Também nesta década, o Governo Federal iniciou uma política de incentivos fiscais para o plantio de florestas de rápido crescimento nas regiões sul e sudeste do país.

As espécies utilizadas para o sul do país foram espécies do gênero *Pinus* (*Pinus taeda* e *Pinus elliottii*), espécies estas originárias da costa leste dos Estados Unidos da América, e que se adequaram muito bem na região devido ao clima e ao tipo de solo (ABIMCI, 2003).

O objetivo principal era oferecer alternativas de ofertas de madeira, tendo em vista as crescentes pressões ambientais à redução de reservas nativas de *Araucaria angustifolia*. Esta madeira necessitava de estudos tecnológicos para o uso industrial, pois crescia mais rápido que nos Estados Unidos, apresentando um anel de crescimento mais largo, lenho juvenil mais avantajado e a presença de nós era prejudicial à laminação. A partir da década de 80, as práticas de poda foram intensificadas com objetivo de aumentar a quantidade de madeira “limpa”, diminuindo a incidência de nós, aumentando a oferta de madeiras de melhor qualidade (IWAKIRI & SALDANHA, 2002).

3.5 Produção de compensado no Brasil

A produção de compensados no Brasil vem aumentando desde a última década, chegando a bater recorde em volume de 3,8 milhões de m³ no ano de 2004. Tal acréscimo na produção está diretamente relacionado com as exportações.

Os principais fatores limitantes ao desenvolvimento da indústria de compensados no Brasil podem ser resumidos em três pontos principais como:

a deficitária estrutura de produção, os elevados custos da matéria-prima, principalmente as da Região Norte e os inexpressivos investimentos tecnológicos realizados nas unidades produtoras (IWAKIRI *et al.*, 2002).

Na década de 90, o compensado de madeira tropical predominava sobre o produzido de pinus. Após a crise asiática, este quadro começou a se inverter (ABIMCI, 2004). A comparação entre os estudos setoriais realizados pela ABIMCI nos anos de 2001, 2003 e 2004, a produção de compensados de madeira tropical em 2001 correspondia com 60% da produção nacional, e os outros 40% para os compensados de pinus. Em 2003 a situação já havia se invertido para 40% da produção para compensados de madeira tropical e 60% para compensado de madeira de pinus. Já em 2004, esta tendência foi consolidada com a produção do compensado de pinus contribuindo com 2/3 da produção nacional (ABIMCI, 2004).

3.5.1 Compensado de Pinus

Segundo Walker (1993), existe uma grande variedade de madeiras com características adequadas para a produção de lâminas e painéis compensados. As espécies do gênero *Pinus* spp, por exemplo, já vem sendo utilizadas pelas indústrias de laminação no Brasil desde o início da década de 90, em razão das boas características da madeira, por serem espécies de rápido crescimento e também devido à disponibilidade de grandes áreas plantadas no sul do País.

Fazendo uma análise desde o ano de 1995, de acordo com ABIMCI (2004), a produção de compensados mostrou-se crescente até o ano de 2004, chegando a 2.400.000 m³. Em contrapartida o consumo de compensados de pinus manteve-se estável, tendo em vista que a maior parte da produção estava direcionada para exportação devido à grande concorrência no mercado interno dos painéis reconstituídos, principalmente o aglomerado, o MDF e o OSB.

O Brasil é um grande fornecedor de compensado para os EUA, chegando a 48% das exportações de compensados de pinus (ABIMCI, 2004), tanto é que qualquer aumento da demanda nos Estados Unidos, o preço brasileiro aumenta proporcionalmente mais que os preços dos demais exportadores devido a esta grande participação no mercado americano

(RIBEIRO, 2003). Importante salientar o expressivo comércio com os países europeus, tornando-se o segundo maior destino das exportações de compensados de pinus brasileiro.

3.5.2 Compensado de Paricá (*Schizolobium amazonicum*)

A espécie *Schizolobium amazonicum* (paricá) por apresentar rápido crescimento, fuste reto e madeira com elevada cotação no mercado interno e externo, vem sendo bastante cultivada pelas empresas madeireiras da região norte e nordeste do país, principalmente nos Estados do Pará e Maranhão (VIDAURRE *et al.*, 2006).

O paricá é uma espécie da família das leguminosas (Caesalpiniaceae), apresenta bom fator de forma. A casca é cinza com tonalidade bastante clara. A espécie pode alcançar de 20 a 30 metros de altura e atingir até um metro de diâmetro.

A madeira tem coloração branco-amarelo-clara de superfície lisa e que permite a produção de material com acabamento sedoso. Apresenta densidade em torno de $0,30 \text{ g/cm}^3$, que é adequada para a fabricação de forros, palito, papel, laminados e compensado. Produz celulose de boa qualidade e de fácil branqueamento o que permite a fabricação de papel branqueado com excelente resistência.

A madeira dessa espécie é bastante utilizada na produção de lâminas para compensados. A madeira apresenta fácil trabalhabilidade, textura média (diâmetro dos poros de 110 a 100 μ) e grã cruzada ondulada. Devido á sua baixa densidade, o paricá não necessita ser aquecido para ser torneado e a madeira branca e leve oferece ao final do processo de fabricação do compensado um produto com ótimo acabamento e alta qualidade.

Segundo informações obtidas junto Centro de Pesquisa do Paricá (CPP), a madeira do paricá permite uma redução nos custos de produção do compensado, pois as despesas de colheita e transporte, pela homogeneidade e boa localização dos reflorestamentos são menores e pela redução dos custos durante a industrialização da madeira. Assim, as empresas que produzem compensado à base de paricá conseguem lançar seu produto no mercado externo e interno a um custo reduzido se comparadas a outras que usam

essências nativas, forçando todo o setor a procurar alternativas para a redução dos custos de produção.

A princípio, a cultura do paricá foi implantada para produzir lâminas que compunham a parte externa do compensado. Com a dificuldade de exploração da madeira nativa e, conseqüentemente, o aumento do preço desta madeira, é crescente a tendência de produção do compensado apenas com lâminas do paricá.

3.6 Fatores que afetam as características dos painéis compensados

3.6.1 Características da madeira

De acordo com Baldwin (1981) a madeira utilizada na produção de um painel compensado responde pelas características e propriedades tecnológicas do produto final. Além das características da madeira, a qualidade de um compensado depende dos procedimentos utilizados em sua manufatura, tais como: o preparo das toras para laminação, regulagem do torno laminador, secagem das lâminas, colagem dos painéis e o tipo de adesivo empregado, prensagem dos painéis e condições adequadas de armazenamento (IWAKIRI, 2005).

Silva (1994) descreve que a madeira por ser um produto natural, esta sujeita a sofrer uma série de defeitos que em conjunto com as características da própria madeira, podem limitar tecnicamente o seu uso em laminados e compensados. Por outro lado, certas características intrínsecas da madeira são desejáveis na formação destes produtos por possuírem usos específicos.

Segundo Lutz (1978), as folhosas são mais facilmente transformadas em lâminas que as coníferas. Isso se deve ao fato de que as folhosas respondem melhor aos esforços de flexão, produzindo lâminas menos danificadas por fendilhamento. As lâminas com fendas superficiais obtidas no desenrolamento e faqueamento, podem aumentar a penetração e consumo do adesivo e com isso reduzir a resistência da ligação.

Lutz (1978) cita que a madeira ideal para laminados e compensados é aquela que apresenta um bom formato cilíndrico e seja concêntrica, ou seja, que a medula esteja localizada no centro geométrico da tora.

A conicidade é uma característica anômala na forma do tronco e pode ser diminuída pela técnica de manejo silvicultural, pois afeta a qualidade das

laminas obtidas por meio de laminação rotativa. Essas lâminas resultam em grã curtas ocorrendo debilidade ao flexionamento e a contração longitudinal, além de apresentar uma grande variação no teor de umidade final (CHOW *et al.*, 1973).

Na colagem de lâminas de madeira compensada, a textura tem grande importância, pois madeiras com textura grossa tendem a uma excessiva absorção de adesivo, podendo causar má colagem e ultrapassagem da cola até a outra face da lâmina, ao contrário de madeiras com superfície lisa onde há uma deficiência de penetração do adesivo, apresentando frequentemente uma linha de cola fraca (BURGER & RICHTER, 1991).

Um fator determinante quanto à qualidade da madeira para laminado e compensados é a presença de nós. Em outros casos madeiras com presença de nós podem ser utilizadas em lâminas destinadas a fins decorativos, devido a sua figura realçante, entretanto, madeiras que possuem nós densos, ao serem torneados causam danos à faca e aumentam rugosidade das lâminas (LUTZ, 1978).

Outro fator é quanto à permeabilidade da madeira, pois HSE (1971) cita que os pinus do sul dos Estados Unidos são conhecidos por sua alta permeabilidade. Isto ocorre provavelmente porque durante a colagem há uma excessiva penetração do adesivo, ocasionando o fenômeno denominado de linha de cola faminta.

LUTZ (1978) descreve que a madeira além da celulose, hemicelulose e lignina, apresentam em sua composição substâncias distintas que apresentam diferenças quando ligadas aos adesivos. Essas substâncias fazem parte de materiais estranhos, podendo causar dificuldades nas operações de manufatura do compensado.

3.6.2 Características das lâminas

Lutz (1978) descreve lâminas como folhas finas de madeira obtidas por corte em faqueadeira, tornos rotativos ou serras com espessuras que podem variar entre 0,13 mm até 6,35 mm.

As características da madeira determinam a qualidade das lâminas quanto ao seu uso na produção de compensados (ARCHER, 1948).

A produção de lâminas de alta qualidade segundo Pio (1996), exige as seguintes condições: espécie adequada; geometria correta para laminação em faqueadeiras e substituição das toras em tempo certo.

Uma lâmina ideal poderia ser definida como uniformidade em espessura, com rugosidade maior que a sua própria estrutura, plana, com nenhuma fenda, e com cor e figura agradáveis (LUTZ, 1978).

Conduzindo um trabalho com a finalidade de determinar o efeito das fendas de laminação na resistência ao cisalhamento da linha de cola em seco após a ebulição, Chow *et al.* (1973), determinou que à medida que diminui a profundidade das fendas, a resistência ao cisalhamento aumenta de tal modo que, a diminuição de 1% na profundidade das fendas, aumenta a resistência em 0,01 N/mm² e a porcentagem de falha na madeira não sofre nenhuma variação significativa. Além disto, também foi detectada uma relação linear entre a penetração do adesivo e os valores de resistência ao cisalhamento. Isso mostra que a redução na profundidade das fendas ou a maior penetração do adesivo, resulta no aumento do valor de resistência ao cisalhamento. Isso aponta que, para compensados onde o grau de cura da resina é ótimo, o valor do cisalhamento é um indicador da qualidade das lâminas.

Para Lutz (1978), a presença de fendas de laminação afeta a qualidade e o rendimento das lâminas, pois no manuseio se originam as rachaduras.

A uniformidade da espessura contribui para uma colagem de alta qualidade na fabricação de compensados. A rugosidade da superfície das lâminas pode causar problemas na colagem o que requer lixamento excessivo e também no acabamento.

A variação na espessura da lâmina afeta a uniformidade no teor de umidade afetando também a distribuição da cola e a qualidade da colagem (FREEMAN, 1970).

Hancock (1963), pesquisando o efeito das altas temperaturas de secagem sobre colagem de lâminas de Douglas-fir, estabeleceu que com temperaturas superiores aos 185°C os extrativos presentes na madeira prejudicam a qualidade da colagem.

Bloomquist (1969) cita que lâminas de *pinus elliottii* e *pinus taeda*, secas em temperaturas entre 177°C a 190°C proporcionam bons valores de colagem,

mas, em temperaturas maiores, se produz um fluxo excessivo da resina na superfície, prejudicando a colagem.

3.6.3 Colagem

As colas de uso imediato são largamente utilizadas para colagem de bordas, faces e laminação. As mais comuns são de forma líquida a base de couro ou nervo de origem animal e de acetato de polivinila, que se fixam pela perda d'água da linha de colagem (IPT, 1988).

A operação de colagem consiste essencialmente na aplicação de adesivo líquido disperso em uma quantidade suficiente de água para dar boa consistência ou viscosidade apropriada com aplicação de pressão dos componentes a serem colados até a cura parcial da cola.

Nesse período de montagem, a cola e a água penetram pelos poros da camada superficial da madeira, então a água se infiltra nos poros e a cola é retida pela parede das fibras, com isso, o adesivo adquire resistência quando a água deixa a superfície de colagem.

A velocidade de cura, tempo de montagem e profundidade de penetração são diretamente dependentes da taxa de evaporação da água, enquanto a resistência mecânica, a proporção de ruptura na madeira, a resistência a água, a umidade, o solvente e o calor, dependem, sobretudo da natureza do polímero (HOUWINK & SALOMON, 1965).

3.6.3.1 Condições de colagem

Os fatores temperatura da madeira, cola e ambiente, influenciam diretamente sobre a velocidade de fixação. Durante o verão o tempo de montagem pode ser metade daquele encontrado em ambiente frio no inverno (SELBO, 1975).

As colas normalmente são preparadas para um determinado período de tempo de montagem na manufatura dos compensados, pois segundo Medina (1986), esse tempo permite que parte da umidade da cola seja absorvida pela lâmina acarretando um aumento da viscosidade. Um tempo muito curto gera uma qualidade inferior na colagem, provavelmente por conter demasiada água na linha de cola levando a uma cura incompleta do adesivo.

Longos tempos de montagem foram demonstrados em trabalhos de Chow *et al.* (1973), em que não ocorreu polimerização da cola, fato estabelecido por medições do tamanho molecular. O problema que existe com tempos longos se restringe a capacidade de umectação das colas por perda de umidade. Isso faz com que seja produzido incremento de viscosidade tanto pela evaporação superficial como pela absorção da madeira, de tal modo que se produz um contato pobre entre a superfície espalhada e a não espalhada. Para o autor, devem ser consideradas no tempo de montagem, temperaturas ambientes, temperatura da lâmina e umidade da lâmina. A viscosidade do adesivo no decorrer da colagem é modificada pela temperatura ambiente e, o seu mais importante efeito é durante o tempo aberto.

Trabalhando com dois tempos de montagem (5 e 20 minutos) e diferentes temperaturas ambientais, Freeman (1970), constatou que a porcentagem de falha na madeira no ensaio de linha de cola foi muito baixo para a combinação de longos tempos e altas temperaturas ambiente. Ele estabeleceu que quanto maior é a umidade relativa do ambiente melhor é a colagem.

Kollmann *et al.* (1975), citam que temperatura de prensagem muito alta reduz a qualidade do compensado dado que a plasticidade da madeira aumenta rapidamente acima de 100°C, o que conduz a uma compressão indesejável da madeira.

Para Chow *et al.* (1973), o tempo de prensagem deve ser o suficiente para que as partes mais internas da linha de cola atinjam a temperatura de cura.

Entre os vários fatores que causam a ineficiência da colagem é a falha de controle do teor de umidade do substrato, antes e depois da colagem.

São importantes as exigências quanto ao teor de umidade da madeira, pois afeta diretamente a qualidade da ligação e o desempenho do produto colado (SELBO, 1975).

O teor de umidade da madeira afeta a taxa de variação da viscosidade de muitos adesivos durante o período de montagem. Colagens a quente sob pressão, favorecem a formação de bolhas de vapor na área colada, desta forma, o teor de umidade da madeira deve ser ajustado de acordo com o procedimento de colagem adotado. Tensões nas juntas coladas geralmente se

desenvolvem devido à variação no teor de umidade, pois a grandeza destas tensões é quase proporcional à mudança no teor de umidade para uma determinada espécie de madeira. As variações do teor de umidade em madeira densas desenvolvem maiores tensões do que a mesma variação em espécie de menor densidade (HOUWINK & SALOMON, 1965).

3.6.3.2 Tempo de montagem

O espaço de tempo entre o espalhamento da cola e a aplicação da pressão é chamado de tempo de montagem. Este intervalo de tempo pode ainda ser subdividido em: tempo de montagem aberta que é o espaço de tempo entre a aplicação da cola e fechamento e, tempo de montagem fechada relacionado ao espaço de tempo entre o fechamento e aplicação de pressão. Esse tempo é necessário para que ocorra a transferência adequada do adesivo para as lâminas adjacentes e para possibilitar a absorção do adesivo pelas lâminas (SELBO, 1975).

O mesmo autor ainda cita que, os fatores que aumentam o tempo de montagem são:

- ✓ Tipo de cola: colas líquidas de origem animal possuem maior tempo de montagem do que as a base de acetato de polivinila;
- ✓ Formulação da cola: baixos teores de sólidos geralmente aumentam o tempo de montagem;
- ✓ Aplicação de cola: quanto maior a quantidade de cola aplicada maior o tempo de montagem;
- ✓ Temperatura: baixas temperaturas aumentam o tempo de montagem;
- ✓ Teor de umidade: substrato mais seco diminui o tempo de montagem.

3.6.4 Aplicação de adesivos

Iwakiri (2005) cita que a formulação do adesivo é definida em função do tipo de resina e dos níveis de qualidade requeridos do compensado, e que os componentes, bem como a quantidade em partes por peso de cada um destes, determina a formulação específica a ser utilizada na colagem das lâminas. Além da quantidade de cada um dos componentes da cola, a viscosidade e o teor de sólidos da batida da cola devem ser controlados na preparação do adesivo.

O adesivo aplicado sobre a superfície da lâmina pode ser feito por aplicadores de rolos, de spray, de cortina ou por extrusão, onde os mesmos devem controlar a quantidade de adesivo a ser aplicado por m^2 de área (gramatura) através de aberturas entre o rolo aplicador e rolo dosador, para assegurar uma distribuição uniforme do adesivo, pois a gramatura depende do tipo de resina, espessura da lâmina e de sua formulação (SELBO, 1975).

Recomenda-se para adesivo com resina ureia-formaldeído gramatura na faixa de 320 g/m^2 para lâminas com espessura de 1 mm e 380 g/m^2 para laminas de 3 mm em linha dupla. Para resina fenol-formaldeído, gramatura na faixa entre 360 e 430 g/m^2 em linha dupla, sendo que quanto maior o grau de extensão, maior deverá ser a gramatura (KOLLMANN *et al.*, 1975).

É importante a obtenção de uma taxa apropriada de espalhamento do adesivo através dos aplicadores, para proporcionar adesão entre as superfícies a serem unidas e os adesivos, e também para proporcionar coesão dentro da própria linha de colagem (JONES, 1971).

3.6.5 Condições de prensagem

As principais variáveis a serem observados na prensagem são: pressão, tempo e temperatura de prensagem. Estas variáveis devem ser controladas para assegurar um contato superficial adequado entre as lâminas e permitir a cura da resina. A linha de cola formada deve ter resistência suficiente para transferência de tensões entre as lâminas durante a utilização do painel (BALDWIN, 1981).

A prensagem reduz o volume de espaços vazios na madeira devido à compressão e melhora a difusão de calor a partir da superfície no centro do painel. O nível de pressão a ser aplicada está em função principalmente da densidade da madeira, superfície da lâmina e quantidade de adesivo (IWAKIRI, 2005).

Uma aplicação insuficiente de pressão durante a colagem poderá causar uma linha de cola espessa, ou seja, haverá apenas um contato parcial entre duas superfícies coladas (SELBO, 1975).

O tempo de prensagem de um painel esta relacionado ao tempo necessário para que a linha de cola mais interna atinja a temperatura de cura da resina (CHOW *et al.*, 1973).

Para Nock & Richter (1978), o tempo de prensagem é relacionado com o tipo de resina, catalizador, umidade da madeira, tipo e grau de extensão, temperatura de prensagem e condições locais de trabalho.

Pio (1996), cita que em prensagem a frio, a pressão máxima normalmente deve ser mantida por várias horas até que haja pelo menos um endurecimento suficientemente grande para evitar posterior desligamento das superfícies coladas. Nesse caso a resistência final só é alcançada após alguns dias de armazenamento. Nesse processo, o tempo de prensagem é influenciado pela umidade da madeira.

Na prensa quente, em poucos minutos a resistência final da linha de cola é praticamente alcançada, mesmo que demore 24 horas de armazenamento para atingir um valor máximo (SELLERS, 1985).

A temperatura de prensagem é definida em função da temperatura necessária para a cura da resina, portanto, depende do tipo de resina utilizada. Para ureia-formaldeído esta temperatura varia de 95 a 120°C enquanto para fenol-formaldeído a variação é na faixa entre 130 e 150°C.

As lâminas prensadas com alto teor de umidade e com temperaturas maiores que as recomendadas, poderão provocar a formação de bolsas de vapor. Porém, lâminas com baixo teor de umidade, mas, com maior gramatura e grau de extensão do adesivo, aumenta a quantidade de água na linha de cola que se transforma em vapor, podendo também ocorrer delaminação do painel (IWAKIRI, 2005).

Maloney (1993) cita que alta temperatura de prensagem aumenta a densidade do centro do painel enquanto diminui a densidade das faces, formando um perfil de densidade mais homogêneo. Isso ocorre porque há uma transferência de calor mais rápida para o centro do painel.

Nock & Richter (1978), descrevem que normalmente quanto maior a temperatura de prensagem, melhor será a resistência da linha de cola contra a água.

3.7 Aplicações e principais usos dos painéis compensados

O painel de compensado tem múltiplas aplicações. Suas características

mecânicas, grandes dimensões e variedades de tipos adaptáveis a cada uso, constituem os principais atributos para justificar a ampla utilização deste material (MACEDO & ROQUE, 1997).

A classificação dos painéis depende também do tipo de aplicação (exposição) em função do tipo de resina utilizado.

De acordo com BALDWIN (1995), para colagem fenólica (Fenolformaldeído), suas características são de colagem a quente, curado normalmente acima de 140°C, geralmente altamente alcalino para cura rápida, resistente à água e de cor escura. Suas aplicações típicas são para painéis estruturais com uso exterior. O mesmo autor relata as características da resina uréica (Uréiaformaldeído) como colagem a quente ou colagem a frio, cura ácida com o calor e/ou cura rápida acelerada através de um catalisador, resistente a água fria, incolor e pode emitir formaldeído durante o uso.

A definição de compensados estruturais e não estruturais depende dos valores das propriedades físicas e mecânicas definidos por normas técnicas.

Os painéis compensados estruturais são compostos a base de resina fenólica, e aplicados principalmente na construção civil como forma de concreto, pisos, alma de vigas, cercas, entre outros.

Os painéis compensados não estruturais são compostos a base de resina uréica e utilizados principalmente na construção de móveis, constituinte de divisórias, ou outro tipo de objeto que não requer carga excessiva para uso interior e que não esteja exposto à umidade.

3.7.1 Vantagens do painel compensado sobre a madeira sólida

As vantagens do compensado em relação à madeira sólida são:

- ✓ O rendimento da tora na laminação é maior que no desdobro da madeira serrada;
- ✓ Com o princípio da disposição das lâminas de forma cruzada, há uma diminuição da anisotropia da madeira no compensado em relação à madeira serrada;
- ✓ A resistência se apresenta de forma mais ou menos uniforme em toda a extensão do painel;
- ✓ Os painéis compensados podem ser fabricados em grandes dimensões dependendo das dimensões das prensas.

3.8 Vantagens de um sistema de qualidade

Várias vantagens podem ser citadas com adoção de um sistema de qualidade implantada por uma empresa, sendo elas a redução de produtos desclassificados, a redução de consumo de cola, a redução de produtos delaminados, o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade dos produtos, enfim, a redução de custos da produção (ABIMCI, 2003).

O sistema de gestão da qualidade visa através de mecanismos de controle de produção a fabricação de painéis compensados com qualidade uniforme e sempre buscando a melhoria do produto com otimização nas variáveis de produção.

3.9 Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM)

A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI) em 1999 criou o Programa Nacional de Qualidade do Compensado (PNQC), para desenvolver um sistema nacional de certificação do compensado de pinus, e no ano de 2000 o programa foi ampliado para envolver outros tipos de produtos de madeira sólida que levou o nome de Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM).

Dentro do PNQM existe um conselho que é constituído por produtores, agentes da cadeia de comercialização, associação de consumidores, universidades e institutos de pesquisa e fornecedores de insumos. As responsabilidades do Conselho são de definir diretrizes ao PNQM, coordenar trabalho relacionado com a definição de padrões técnicos e procedimentos da qualidade relativos ao processo de produção dos produtos a serem certificados, definir critérios de certificação de produtores e fornecedores, selecionar e qualificar auditores da qualidade e decidir em caso de queixa de consumidores e reclamações (ABIMCI, 2003).

Visando às exportações para os países europeus devido à grande representatividade na produção brasileira e a obrigatoriedade do selo de conformidade “CE marking” para painéis de madeira utilizados na construção desde 1º de Abril de 2004, a ABIMCI fez parceria com os “Notified Bodies – NB's” (organismos certificadores europeus) com objetivo da obtenção do “CE Marking”, reconhecidos pela Diretiva de Produtos de Construção (CPD) e

autorizados para atuar com painéis de madeira, de acordo com a Decisão 97/462/CE da Comissão Europeia.

As letras "CE" são as abreviaturas da frase francesa "Conformité Européene" que significa literalmente "a conformidade europeia".

O selo CE marking em um painel compensado é a declaração que o fabricante atende as exigências da norma EN de acordo com a diretiva da comunidade europeia. Essa marca de conformidade é requerida no âmbito do Espaço Econômico Europeu (EEE) (ABIMCI, 2005).

O CE marking em um produto indica aos órgãos governamentais que o produto pode legalmente ser colocado no mercado em seu país e este selo em um produto assegura a livre movimentação do produto dentro do mercado da União Europeia (EU), sendo 28 países no total (CE MARKING, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta do material

Na cidade de Manaus existe atualmente quatorze empresas que comercializam painéis de madeira compensada, segundo o Guia Mais com cadastro de endereço eletrônico disponível (<http://www.guiamais.com.br/busca/compensados+e+laminados-manaus-am>).

Destas foram utilizadas para a pesquisa quatro empresas, esse número foi definido segundo dados estatísticos, pois é representativo estatisticamente e visa à redução de custos para a aquisição dos painéis.

As empresas foram identificadas pelas letras A, B, C e D, que comercializam o produto na cidade de Manaus, devido à inexistência de indústria do produto na cidade.

4.2 Descrição dos painéis avaliados

Os painéis compensados classificados como de uso interno amostrados nesta pesquisa foram adquiridos nas empresas que comercializam o produto na cidade.

Foram utilizadas duas espessuras distintas de 12 e 15 mm, com 5 e 7 lâminas, respectivamente. Para cada espessura foram usados três painéis escolhidos de forma aleatória, sendo um total de 24 (vinte e quatro) para a realização dos ensaios físicos como: massa específica aparente e absorção de água; e mecânicos: flexão estática (paralela e perpendicular) módulo de elasticidade e módulo de ruptura e a resistência na linha de cola. O adesivo dos painéis compensados foi à base de ureia-formaldeído, com gramatura de aproximadamente 200 g/m², segundo informações dos fornecedores.

Posteriormente, os painéis foram enviados para o laboratório de usinagem da madeira do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA para a confecção dos corpos-de-prova.

Em seguida, os corpos-de-prova foram embalados e enviados para a Universidade Federal de Lavras - UFLA no estado de Minas Gerais, onde foram realizados os ensaios mecânicos na Unidade Experimental de Painéis de Madeira - UEPAM.

Os ensaios físicos foram realizados no Laboratório de Física da Madeira da Universidade Federal do Amazonas - UFAM.

4.3 Análise do perfil de consumo

Essa proposta de pesquisa foi mostrar o perfil do consumidor, bem como a forma de comércio dos painéis na cidade de Manaus-AM.

Para isto, foi aplicado um formulário (apêndice A) para a coleta das informações ao gerente de vendas e/ou proprietários das empresas, tendo como base as seguintes variáveis:

- ✓ A procedência dos painéis compensados;
- ✓ As espessuras mais comercializadas;
- ✓ A quantidade consumida de compensado;
- ✓ Os principais consumidores;
- ✓ A logística do produto desde a origem até os pontos de comercialização;
- ✓ Dentre outras que julgar necessárias.

O formulário passou por avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas – CEP/UFAM, tendo o número do CAAE: 15917713.0.0000.5020

A análise das variáveis do formulário será realizada com o auxílio da estatística descritiva.

4.4 Ensaio Físicos / Mecânicos

Os painéis compensado foram esquadrejados para retirar o efeito de bordadura e posteriormente confeccionados os corpos-de-prova, de acordo com a norma da ABNT Projeto 31:000.05-001/2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003).

Em seguida, os corpos-de-prova foram acondicionados a uma temperatura em torno de 20°C e umidade relativa de 65%.

Depois de estabilizados, realizou-se os ensaios físico-mecânico, de acordo com as recomendações da norma ABNT Projeto 31:000.05-001/3.

Tabela 1: Norma utilizada propriedade físicas e mecânicas.

Propriedade	Ensaio	Número de corpos-de-prova para cada painel	Norma
Física	Massa específica aparente	5	ABNT
	Absorção de água	5	31:000.0 5-001/3
Mecânica	Flexão Estática		
	• Paralela	5	ABNT
	• Perpendicular	5	31:000.0
	Cisalhamento (seco e úmido)	5 5	5-001/3

Os ensaios físicos e mecânicos foram os seguintes:

4.4.1 Absorção de água após 24 horas de imersão

Para a realização do teste foram retirados cinco corpos-de-prova de cada painel com as dimensões de 75 mm x 25 mm de comprimento e largura, respectivamente e a espessura do painel.

O cálculo da porcentagem de água absorvida em cada corpo-de-prova foi feito utilizando a seguinte equação:

$$A = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100$$

Em que:

A: quantidade de água absorvida, em porcentagem (%);

M_f: massa final do corpo de prova, em gramas (g);

M_i: massa inicial do corpo de prova, em gramas (g).

4.4.2 Massa específica aparente

Foram retirados cinco corpos-de-prova para a realização do cálculo da massa, com as dimensões de 100 mm x 50 mm de comprimento e largura, respectivamente e a espessura do painel. A massa específica aparente foi calculada através da equação:

$$M_{ea} = \frac{m}{c \times l \times e}$$

Em que:

M_{ea} : massa específica aparente, em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3);

m : massa do corpo de prova, em gramas (g);

c : comprimento do corpo de prova, em centímetro (cm);

l : largura do corpo de prova, em centímetro (cm);

e : espessura do corpo de prova, em centímetro (cm).

4.4.3 Flexão estática paralela e perpendicular – Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR)

Foram retirados cinco corpos-de-prova de cada painel para a realização de cada teste para o módulo de elasticidade e módulo de ruptura, com as dimensões de 25 mm * e + 50 mm x 75 mm de comprimento e largura, respectivamente.

A flexão estática para módulo de elasticidade foi calculada através da equação:

$$E_b = \frac{L^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times l \times e^3 \times (S_2 - S_1)}$$

Em que:

E_b = Módulo de elasticidade N/mm^2

L = Distância entre os centros dos apoios (vão), em mm;

l = Largura do corpo de prova, em mm;

e = Espessura do corpo de prova, em mm;

$F_2 - F_1$ = Incremento de carga, no trecho reto da curva carga-deformação, determinado em newtons, com precisão de 1%;

$S_2 - S_1$ = Incremento de deflexão, no centro do vão, correspondente à $F_2 - F_1$, determinado em milímetros, com precisão mínima de 0,01 mm.

A flexão estática para módulo de ruptura foi calculada através da equação:

$$T_r = \frac{3 \times F_{\text{máx}} \times L}{2 \times \ell \times e^2}$$

Em que:

T_r = Tensão de ruptura à flexão estática em N/mm²;

$F_{\text{máx}}$ = Carga de ruptura em N;

L = Distância entre os centros dos apoios (vão), em mm;

ℓ = Largura do corpo de prova, em mm;

e = Espessura do corpo de prova, em mm;

A determinação do módulo de elasticidade foi dada pela aplicação de força no meio do corpo-de-prova suportado por dois apoios. Conforme mostra a Figura 3, abaixo:

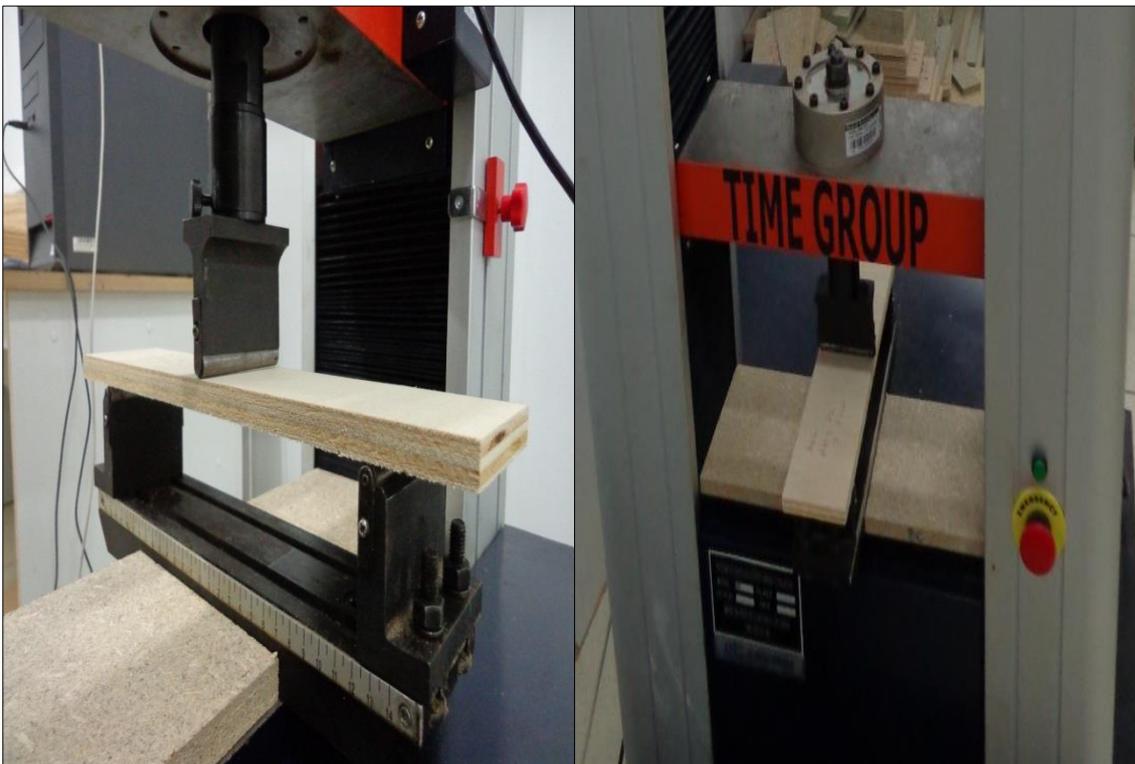


Figura 3: Ensaio de flexão estática.

4.4.4 Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento

Foram retirados cinco corpos-de-prova de cada painel para a realização do teste, com as dimensões de 150 mm x 25 mm de comprimento e largura, respectivamente.

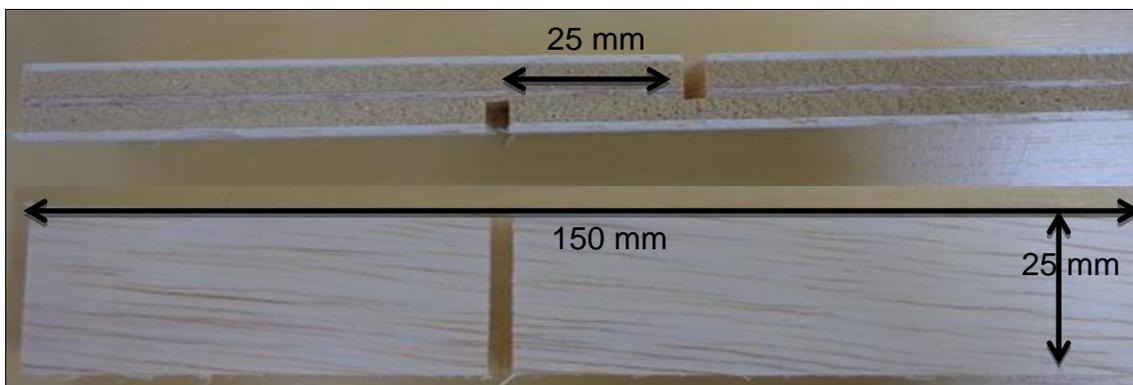


Figura 4: Corpo de prova resistência na linha de cola (dimensões em mm).

O cálculo da tensão de ruptura de cada corpo de prova foi feito através da equação.

$$T_r = \frac{F_{\text{máx}}}{a \times b}$$

Em que:

T_r : tensão de ruptura ao esforço de cisalhamento, em megapascals (MPa);

$F_{\text{máx}}$: carga de ruptura, em Newtons (N);

a : distância entre os sulcos, em milímetros (mm);

b : largura do corpo de prova, em milímetros (mm).

Na Figura 5 pode-se observar a realização do ensaio na máquina.

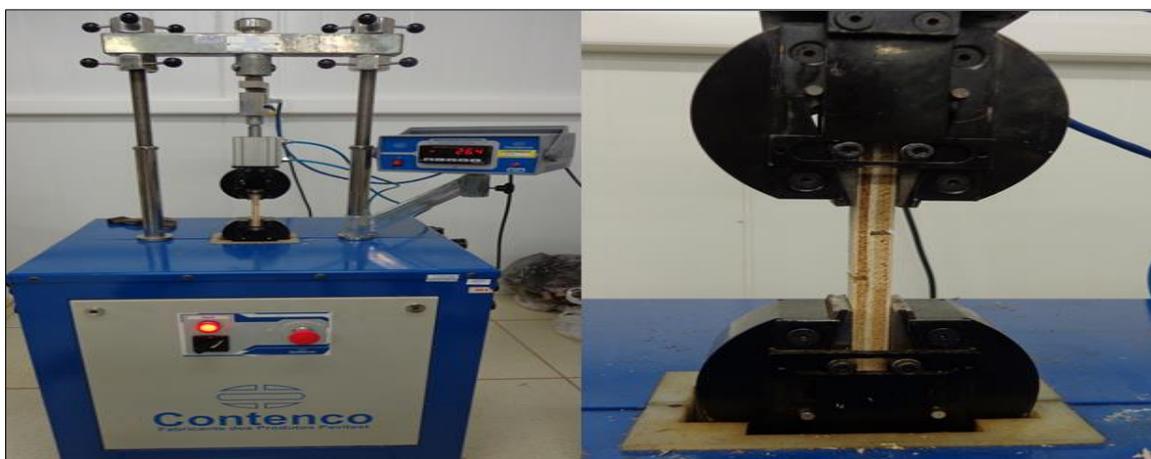


Figura 5: Ensaio de resistência na linha de cola.

Os corpos-de-prova para os ensaios mecânicos foram retirados a partir de uma distância de 5 cm da borda dos painéis compensado, evitando o efeito da bordadura, como mostra a Figura 6.

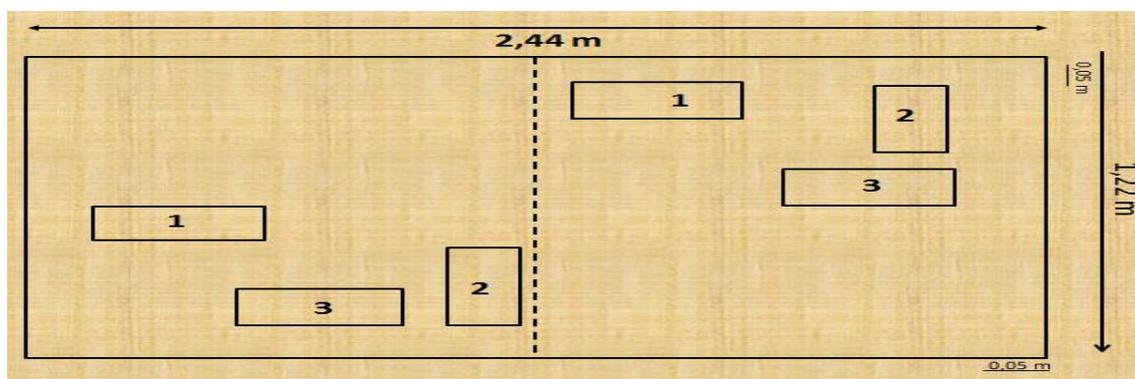


Figura 6: Pontos de retirada dos corpos-de-prova para os ensaios das propriedades mecânicas do compensado.

Legenda

1- flexão estática perpendicular:

Largura: 75 mm

Comprimento: $25 \text{ mm} * \text{espessura (mm)} + 50 \text{ mm}$

Espessura: a do painel

2- flexão estática paralela:

Largura: 75 mm

Comprimento: $25 \text{ mm} * \text{espessura (mm)} + 50 \text{ mm}$

Espessura: a do painel

3- cisalhamento:

Largura: 25 mm

Comprimento: 150 mm

Espessura: a do painel

4.5 Descrição do delineamento experimental

O experimento consistiu na aquisição de painéis de madeira compensada em quatro empresas. Sendo seis por empresa, divididos em duas espessuras distintas com três painéis por espessura, totalizando vinte e quatro, onde foi analisada a qualidade dos painéis comercializados pelas empresas dentro de cada espessura (Tabela 2).

Tabela 2: Delineamento experimental

Espessura	Empresa			
	A	B	C	D
12 mm				
15 mm				

O procedimento estatístico adotado para avaliar as propriedades físico-mecânicas foi o Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC. Os resultados foram analisados por meio de análise de variância, pelo teste F e comparação de média pelo teste de Tukey ambos ao nível de probabilidade de 5%. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR.

4.5 Ética em pesquisa

O projeto de pesquisa foi submetido à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas – CEP/UFAM. Conforme a Resolução N° 196/1996 e outras resoluções complementares por se tratar de pesquisa que envolve seres humanos.

Depois de passar pela avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas – CEP/UFAM, foi registrado com o número CAAE: 15917713.0.0000.5020.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise da comercialização de painéis compensados em Manaus/AM

5.1.1 Procedência dos painéis compensados

O Estado do Amazonas não possui indústria de painéis, as empresas que comercializam o produto trazem de outros estados em sua maioria da Região Norte, conforme se pode observar na Tabela 3.

Das empresas participantes da pesquisa identificou-se que o principal fornecedor é o Estado de Rondônia.

Tabela 3: Procedência dos painéis compensados.

Empresa	Origem compensado
A	Buritis - RO
B	Ji-paraná - RO
C	Santa Cecília - SC
D	Porto Velho - RO
	Paragominas - PA
	Curitiba – PR

Esse fator deve-se a questão geográfica e logística, pois o produto chega à cidade por balsas que perfaz o caminho pelo Rio Madeira até chegar a Manaus.

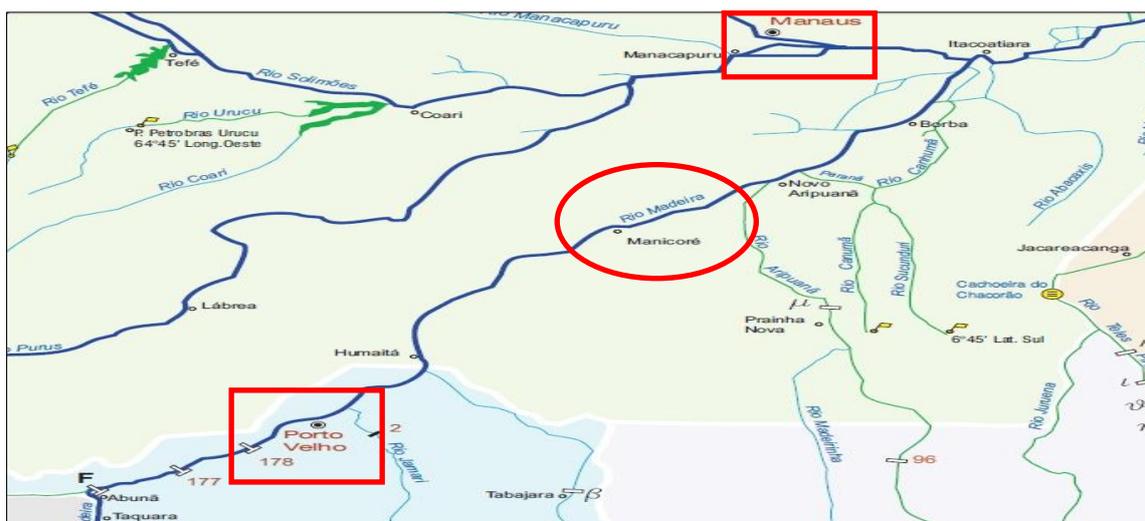


Figura 7: Mapa da Hidrovia do Rio Madeira.

Fonte: www.dnit.gov.br/hidrovias

Foram identificados outros Estados fornecedores como o Pará, pois possui diversas indústrias no seguimento de painéis de madeira distribuídas no estado e principalmente no município de Paragominas. Identificou-se também o Estado de Santa Catarina como fornecedor de painéis compensados para Manaus.

A principal dificuldade encontrada pelas empresas para a chegada do painel à cidade de Manaus é a questão logística, pois o produto chega por balsas e na época da vazante dos rios torna-se difícil a navegação diminuindo a quantidade disponível no comércio e isso faz com que aumente o preço.

5.1.2 Espessuras mais comercializadas

As espessuras mais comercializadas pelas empresas na cidade de Manaus são apresentadas na Figura 8, na qual se pode observar que existe uma variação, sendo 15 e 12 mm as mais frequentes, e de 15 mm a mais comercializada.

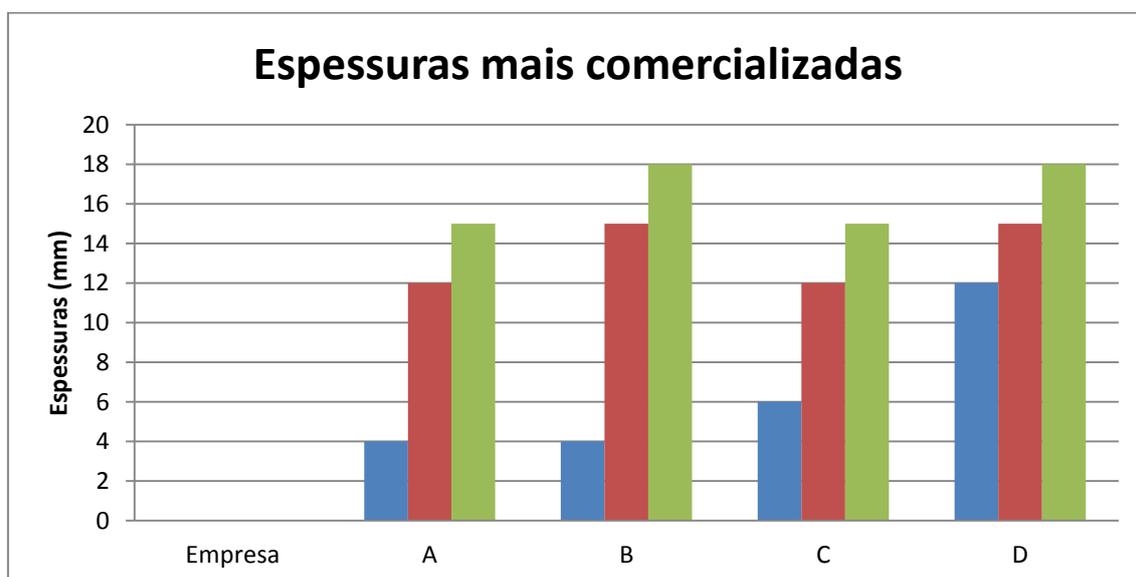


Figura 8: Espessuras de painéis compensados mais comercializadas pelas empresas.

O resultado vem corroborar que o principal uso do compensado na cidade está atrelado a construção civil, onde necessitam de painéis mais espessos e resistentes, é usado para isolamento da área na maioria das vezes.

5.1.3 Quantidade de painéis compensados comercializados

A pesquisa demonstra o consumo ($m^3/mês$) de painéis compensado na cidade, que é variável de acordo com as empresas. Analisando o resultado identifica-se que duas empresas B e D apresentam um consumo acima de $60(m^3/mês)$.

A empresa C apresentou o menor volume comercializado por mês, e posteriormente numa escala ascendente à empresa A que possui um volume de comercialização intermediário entre os valores mais expressivos já mencionados, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de painéis compensados comercializados ($m^3/mês$).

Empresa	Quantidade comercializada ($m^3/mês$)
A	30,77
B	68,32
C	19,97
D	66,08
Total	185,14

Fonte: Dados da pesquisa

As empresas amostradas somam um total de 185,14 ($m^3/mês$) de painéis comercializados, ao multiplicar esse valor pelo número total de empresas na cidade que de acordo com o levantamento foi de 14 empresas, esse volume fica em torno de 2.591,16 ($m^3/mês$). Esse resultado quando comparado com a produção a nível nacional é pequeno, porém a produção de compensado no Brasil é voltada principalmente para exportação.

Através do resultado pode-se inferir que uma planta industrial de pequeno porte é o suficiente para atender a demanda local, se o público alvo for o mercado interno e não o externo.

5.1.4 Tipos de painéis mais comercializados e consumidores potenciais

O compensado comum é o mais utilizado pelo público consumidor, devido sua ampla aplicação para diversas finalidades. Além, do comum também o naval e o plastificado foram os mais comercializados, de acordo com a Tabela 5. Em percentuais o compensado comum representa 50% de comercialização, o naval 25% e o plastificado também 25%.

Tabela 5: Tipos de compensados mais comercializados.

Empresa	Tipos de compensados	
A	Comum	Naval
B	Comum	Naval
C	Comum	Plastificado
D	Comum	Plastificado

Os consumidores potenciais encontrados foram às construtoras que absorvem a maior parte do painel, as marcenarias que utilizam na produção de móveis e pessoas físicas que compram para atender as suas necessidades eventuais, conforme a Tabela 6:

Tabela 6: Consumidores potenciais.

Empresa	Consumidores potenciais	
A	Construtoras	Marcenarias
B	Marcenarias	Construtoras
C	Construtoras	Pessoa Física
D	Construtoras	Pessoa Física

5.2 Propriedades Físicas

5.2.1 Massa específica aparente

Os valores médios referentes à massa específica aparente dos painéis compensados com 12 mm de espessura por empresa serão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Valores médios da massa específica aparente (g/cm^3) dos painéis com 12 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	Massa Específica Aparente (g/cm^3)*	Coefficiente de Variação (%)
A	12	0,397 a	3,48
B	12	0,474 a	2,66
C	12	0,407 a	3,46
D	12	0,386 a	5,69

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Pode-se observar na tabela 7 que a análise estatística das médias dos painéis compensados com 12 mm de espessura revelou não haver diferença significativa entre as empresas.

Os resultados da massa específica aparente dos painéis submetidos ao teste não condizem com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, que determina o valor mínimo de $0,491 \text{ g/cm}^3$ para painéis compensados com 12 mm de espessura. Todavia, esse resultado não inviabiliza a comercialização do painel. A empresa que mais se aproxima do valor determinado pela norma é a empresa B ($0,474 \text{ g/cm}^3$), as demais ficam bem abaixo do valor estipulado.

Tabela 8: Valores médios da massa específica aparente (g/cm^3) dos painéis com 15 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	Massa Específica Aparente (g/cm^3)*	Coefficiente de Variação (%)
A	15	0,446 c	2,88
B	15	0,643 a	4,57
C	15	0,517 bc	2,04
D	15	0,565 ab	2,92

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Pode-se observar na tabela 8 que a análise estatística das médias dos painéis compensados com 15 mm de espessura demonstrou haver diferença significativa entre todas as empresas pesquisadas. Porém, a empresa B apresentou o melhor resultado. Os resultados da massa específica aparente dos painéis submetidos ao teste condizem com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, que determina o valor mínimo de $0,517 \text{ g/cm}^3$ para painéis compensados com 15 mm de espessura, com exceção da empresa A ($0,466 \text{ g/cm}^3$) que apresentou um resultado abaixo.

Em geral, a massa específica do painel se relaciona com as outras propriedades e quanto maior, melhores serão as demais propriedades físicas e mecânicas. Assim, os resultados corroboram que os painéis da empresa B foram os melhores, tanto para 12 mm quanto para 15 mm.

De acordo com Kollmann *et al.*, (1975), a massa específica do compensado depende da espécie de madeira, da umidade das lâminas, da temperatura e da pressão de prensagem utilizadas na manufatura.

Quando são aplicadas pressões adequadas, o compensado apresentará massa específica 5% maior que a média das lâminas. Segundo Lutz (1978) espécies de madeira consideradas adequadas para laminação possui massa específica aparente variando entre $0,40$ e $0,70 \text{ g/cm}^3$ e de acordo com Walker (1993) esse valor pode variar entre $0,38$ e $0,70 \text{ g/cm}^3$.

Observa-se que os valores médios do presente estudo estão dentro dos resultados encontrados pelos autores em ambas as espessuras, de acordo com Bortoletto Júnior (2003), os resultados constituem um parâmetro apropriado para inferir sobre a facilidade em laminar uma determinada espécie de madeira, não se traduzindo como uma restrição à laminação de madeiras de baixa ou alta densidade.

5.2.2 Absorção de água (%) após 24 horas de imersão

Os valores médios percentuais dos ensaios de absorção de água após o período de 24 horas para a espessura de 12 mm estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9: Absorção de água (AA) % dos painéis compensados com 12 mm de espessura.

Empresa	AA_{12mm} (%)*	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	54,24 a	8,37	15,43
B	44,99 b	4,80	10,68
C	47,68 ab	3,94	8,26
D	43,46 b	4,93	11,34

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Para o ensaio de absorção de água durante o período de 24 horas para os painéis com 12 mm de espessura, os valores variaram entre 43,46% (D) e 54,24% (A). Os painéis da empresa B e D não apresentaram diferenças significativas entre si, com valores médios muito próximos. No entanto, a empresa A diferencia-se estatisticamente dos demais, pois, foi o painel que absorveu mais água durante o período de 24 horas em que ficou imerso (54,24%) e o da empresa D o que absorveu menos água (43,46%).

Tabela 10: Absorção de água (AA) % dos painéis compensados com 15 mm de espessura.

Empresa	AA_{15mm} (%)*	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	47,05 a	5,42	11,53
B	34,80 c	1,26	3,61
C	44,71 ab	4,12	9,22
D	37,03 bc	2,46	6,65

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Para o ensaio de absorção de água durante o período de 24 horas para os painéis com 15 mm de espessura, os valores variaram entre 34,80% (B) e 47,05% (A).

Houve diferença estatística significativa entre todas as empresas pesquisadas. No entanto, a empresa A diferencia-se estatisticamente dos demais, pois, foi o painel que absorveu mais água durante o período de 24 horas em que ficou imerso (47,05%) e o da empresa B o que absorveu menos água (34,80%).

A variação da absorção de água dentro das empresas e suas respectivas espessuras podem ser explicadas por diversas variáveis. Dentre elas para Torquato (2008), a espécie utilizada na produção do painel é um fator determinante para a quantidade de água absorvida.

5.3 Propriedades Mecânicas

5.3.1 Flexão estática

O ensaio de flexão estática tem por objetivo determinar a resistência e a rigidez do compensado, tendo como resposta o uso estrutural dos painéis.

É um dos ensaios mais importantes para determinação das características mecânicas da madeira. Dois parâmetros são obtidos neste ensaio: o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR).

Os resultados dos valores médios obtidos para os painéis compensado com a espessura de 12 mm para o Módulo de Elasticidade e para o Módulo de Ruptura, a partir do ensaio de resistência à flexão estática, estão descritos nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11: Valores médios do módulo de elasticidade para painéis com 12 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	MOE (MPa)*	
		Paralelo	Perpendicular
A	12	4.233,11 a	1.685,53 c
B	12	4.354,16 a	3.976,88 a
C	12	3.276,94 a	2.206,52 bc
D	12	3.747,83 a	3.039,44 ab

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Ao observar a análise estatística, pode-se verificar que para o módulo de elasticidade no sentido paralelo as fibras da capa do painel, os painéis com 12 mm de espessura não houve diferença estatística significativa entre as empresas.

Para o módulo de elasticidade no sentido perpendicular as fibras da lâmina de capa do painel, houve diferença estatística entre todas as empresas, ressaltando que a empresa B apresentou melhor resultado e a empresa A o resultado inferior dentre todas.

Os resultados para módulo de elasticidade paralelo dos painéis submetidos ao ensaio não condizem com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, pois estão abaixo do que determina o valor mínimo de 4.811,69 MPa para painéis compensados com 12mm de espessura.

Os resultados para módulo de elasticidade perpendicular dos painéis submetidos ao ensaio, apenas a empresa A não condiz com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, que determina o valor mínimo de 1.878,19 MPa para painéis compensados com 12mm de espessura.

Os resultados dos valores médios obtidos para os painéis compensado com a espessura de 12 mm para o Módulo de Ruptura, a partir do ensaio de resistência à flexão estática, estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Valores médios do módulo de ruptura para painéis com 12 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	MOR (MPa)*	
		Paralelo	Perpendicular
A	12	33,65 a	20,29 b
B	12	39,06 a	47,72 a
C	12	28,98 a	21,74 b
D	12	29,51 a	27,96 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

O módulo de ruptura paralelo para painéis com 12 mm de espessura as empresas não diferiram entre si, para o módulo de ruptura perpendicular existe diferença entre as empresas, sendo a empresa B apresentou resultado superior.

Para o módulo de ruptura paralelo e perpendicular todos os valores estão condizentes com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003 que estabelece o valor mínimo de 23,09 MPa para módulo de ruptura paralelo e 15,59 MPa para módulo de ruptura perpendicular.

Os resultados dos valores médios obtidos para os painéis compensado com a espessura de 15 mm para o módulo de elasticidade, a partir do ensaio de resistência à flexão estática, estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13: Valores médios do módulo de elasticidade para painéis com 15 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	MOE (MPa)*	
		Paralelo	Perpendicular
A	15	3.626,83 b	3.142,74 b
B	15	5.034,09 a	4.286,59 a
C	15	3.464,72 b	2.883,91 b
D	15	4.097,20 ab	3.251,89 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

A análise estatística dos painéis com 15 mm de espessura para o módulo de elasticidade paralelo e perpendicular difere entre si, porém para ambas as direções da grã a empresa B apresentou melhores valores.

Os resultados para módulo de elasticidade paralelo dos painéis submetidos ao ensaio com 15 mm de espessura somente a empresa B (5.034,09 MPa) condiz com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003 que estabelece o valor mínimo de 4.763,74 MPa, as demais estão com valor abaixo do determinado.

Os resultados para módulo de elasticidade perpendicular dos painéis submetidos ao ensaio, todas as empresas estão condizentes com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, que determina o valor mínimo de 2.142,91 MPa.

Os resultados dos valores médios obtidos para os painéis compensado com a espessura de 15 mm para o Módulo de Ruptura, a partir do ensaio de resistência à flexão estática, estão descritos na Tabela 14.

Tabela 14: Valores médios do módulo de ruptura para painéis com 15 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	MOR (MPa)*	
		Paralelo	Perpendicular
A	15	36,84 b	29,33 b
B	15	55,54 a	45,93 a
C	15	39,66 b	39,98 ab
D	15	42,41ab	38,48 ab

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Para o módulo de ruptura paralelo e perpendicular houve diferença estatística significativa entre as empresas, demonstrando que a empresa B possui resultados superiores às demais empresas estudadas.

Para o módulo de ruptura paralelo e perpendicular todos os valores estão condizentes com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003 que estabelece o valor mínimo de 25,95 MPa para MOR paralelo e 18,15 MPa para MOR perpendicular.

KEINORT JUNIOR citado por MEDINA (1986), quanto maior é o número de camadas, maior é a equalização da resistência e da rigidez nas duas direções, devido a melhor distribuição das cargas através do painel.

A flexão estática determina a resistência e a rigidez do compensado, onde a rigidez indica a resistência à deformação do material sob tensão, pois quanto maior o módulo de elasticidade menor e a deformação sob determinada tensão (MEDINA, 1986).

Analisando os resultados das Tabelas 11 a 14, observa-se que o módulo de elasticidade e módulo de ruptura dos painéis sentido paralelo à grã apresentou valores superiores em relação ao sentido perpendicular, evidenciando a influência da maior resistência da madeira no sentido paralelo a grã em relação ao sentido perpendicular, devido na composição dos painéis compensados.

Essa diferença normalmente no sentido paralelo e perpendicular a grã, ocorre em painéis de três camadas segundo Pio (1996). Isso acontece porque no teste, as camadas com as fibras perpendiculares ao vão, praticamente não contribuem em nada aos valores de resistência e rigidez (KOLLMANN, *et al.*, 1975).

Outros resultados de módulo de ruptura e módulo de elasticidade, obtidos de compensados, encontrados na literatura são consideravelmente variáveis. Tais variações podem ser decorrentes das características dos compensados, tais como espessura e número de lâminas, mas, também, das espécies de madeira empregadas e especialmente da idade das árvores.

A Norma DIN 68705-3 (DIN, 1981) estipula os seguintes valores médios mínimos de resistência para compensados destinados à construção civil: 40 MPa para o MOR paralelo e 15 MPa para o MOR perpendicular. É possível observar nas Tabelas 13 e 14 que os valores médios dos compensados

apenas a empresa B atende aos valores estipulados para MOR paralelo na norma em referência, as demais para o MOR perpendicular atendem o valor mínimo da norma.

Comparando os resultados desta pesquisa com Pereyra (1994), confirma as diferenças entre as duas direções, atribui-se a isso ao mesmo número de camadas, provavelmente esta diferença esteja relacionada com a espessura da lâmina, ou com a variabilidade das espécies especialmente em relação à densidade o que pode influenciar não apenas na mobilidade do adesivo como também na disposição das camadas externa e interna do painel, pois segundo Tsoumis (1991), um número maior de camadas resulta em maior uniformidade de resistência e rigidez ao longo do comprimento (direção paralela) e largura (direção perpendicular) do painel compensado, em função de uma melhor distribuição das tensões que se desenvolvem durante o carregamento no ensaio de flexão.

Para Bortoletto (2003), a diferença do MOR e MOE entre as direções paralela e perpendicular, devem-se ao fato da madeira apresentar resistência muito superior quando solicitada a tração paralela em relação à tração perpendicular que é muito baixa. A lâmina externa do compensado situada oposta a face de aplicação da carga, é a mais solicitada no momento da ruptura e rompe-se devido ao esforço de tração. Se a lâmina externa estiver posicionada com as fibras paralelas ao vão, o corpo-de-prova apresentará naturalmente maior resistência, ocorrendo o oposto quando as fibras estiverem perpendiculares. Quanto maior o número de lâminas internas com fibras paralelas ao vão, mais uniforme será a resistência e a rigidez do compensado entre as duas direções, entretanto, pode-se esperar que certa diferença sempre seja verificada.

5.3.2 Resistência na linha de cola (seco e úmido)

De acordo com Pio (1996) e Silva (1994) o teste de cisalhamento é o que determina a qualidade da linha de cola.

Este ensaio tem como objetivo determinar o grau de colagem em chapas compensadas e avaliar a resistência do painel.

Os valores obtidos devem avaliar as condições físicas e mecânicas do uso dos painéis. Este ensaio foi efetuado sob duas condições: teste de cisalhamento seco e úmido dos corpos-de-prova.

Tabela 15: Valores médios de resistência da linha de cola (seco) para painéis com 12 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	Cisalhamento Seco (MPa)*	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	12	1,18 a	0,34	28,61
B	12	1,40 a	0,23	16,51
C	12	1,17 a	0,22	18,71
D	12	1,06 a	0,21	20,03

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Os resultados indicam não haver diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre as empresas examinadas para o teste na condição seca em painéis de 12 mm de espessura, segundo a Tabela 15.

Os valores para o teste na condição seca nos painéis com 12 mm de espessura variaram de 1,06 MPa (empresa D) com o menor valor encontrado e 1,40 MPa (empresa B) com o maior valor. O alto coeficiente de variação deve-se ao fato das lâminas internas que foram cisalhadas, serem de qualidade inferior e não haver um controle da sua composição.

Na avaliação comparativa dos resultados médios da resistência na linha de cola na condição seca dos painéis compensados com 12 mm de espessura submetidos ao ensaio não condiz com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003 que estabelece o valor mínimo de 1,77 MPa.

Tabela 16: Valores médios de resistência da linha de cola (úmido) para painéis com 12 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	Cisalhamento Úmido (MPa)*	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	12	0,57 a	0,19	33,76
B	12	1,15 a	0,33	28,38
C	12	0,71 a	0,25	36,02
D	12	0,99 a	0,23	23,13

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Observou-se que não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre as empresas examinadas para o teste na condição úmida com painéis de 12 mm de espessura. Na condição úmida a empresa A (0,57 MPa) ficou com o menor valor e a empresa B (1,15 MPa) com o melhor resultado.

Para os resultados na condição úmida as empresas A (0,57 MPa) e C (0,71 MPa) não estão de acordo com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, pois estão com valores abaixo do que diz a norma que deve ter o valor mínimo de 0,98 MPa, as demais estão condizentes com a norma.

Iwakiri *et al.* (2002) encontrou para painéis de *P. taeda* e *P. oocarpa*, produzidos com resina UF, valores médios de tensões de cisalhamento (teste seco) de 1,57 MPa e 1,81 MPa, respectivamente. Em outro estudo realizado por Iwakiri *et al.* (2001) para painéis compensados uréicos de *P. caribaea*, *P. chiapensis*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa* e *P. tecunumanii*, foram obtidos valores médios de tensões de cisalhamento na faixa de 1,21 MPa a 1,62 MPa para teste seco, e de 0,55 MPa a 1,31 MPa para teste úmido.

Os resultados médios para painéis com 15 mm de espessura no teste de resistência da linha de cola na condição seca, estão descritas na Tabela 17.

Tabela 17: Valores médios de resistência da linha de cola (seco) para painéis com 15 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	Cisalhamento Seco (MPa)*	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	15	1,75 b	0,43	24,42
B	15	2,87 a	1,03	35,94
C	15	2,53 ab	0,52	20,40
D	15	2,72 ab	0,39	14,35

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Os resultados indicam haver diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre todas as empresas examinadas para o teste na condição seca para painéis de 15 mm de espessura.

Os valores para o teste na condição seca em painéis com 15 mm de espessura variaram de 1,75 MPa (empresa A) com o menor valor encontrado e 2,87 MPa (empresa B) com o maior valor.

Na avaliação comparativa dos resultados médios da resistência na linha de cola na condição seca dos painéis compensados com 15 mm de espessura submetidos ao ensaio apenas a empresa A (1,75 MPa) não condiz com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003 que estabelece o valor mínimo de 1,86 MPa, todos os demais resultados ficaram dentro do valor mínimo estabelecido pela norma.

Os resultados médios para painéis com 15 mm de espessura no teste de resistência da linha de cola na condição úmida, estão descritas na Tabela 18.

Tabela 18: Valores médios de resistência da linha de cola (úmido) para painéis com 15 mm de espessura.

Empresa	Espessura (mm)	Cisalhamento Úmido (MPa)*	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	15	1,39 b	0,41	29,36
B	15	2,46 a	0,46	18,93
C	15	2,11 ab	0,93	44,30
D	15	2,10 ab	0,69	33,06

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Os resultados indicam haver diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre todas as empresas examinadas para os testes na condição úmida para painéis de 15 mm de espessura. Na condição úmida também a empresa A (1,39 MPa) ficou com o menor valor e a empresa B (2,46 MPa) com o melhor resultado.

Para os resultados na condição úmida todas as empresas estão de acordo com a norma NBR 31.000.05-001/2:2003, pois estão com valores acima do que diz a norma que deve ter o valor mínimo de 0,88 MPa.

KEINERT JÚNIOR e ALBERTO (1992) realizaram testes de cisalhamento com painéis compensados produzidos com *Pinus taeda* e adesivo fenólico, variando a temperatura de aquecimento das toras, temperatura de prensagem e tempo de prensagem. Os resultados obtidos comprovaram que as temperaturas de aquecimento das toras influenciaram os resultados de cisalhamento seco.

Para compensados de eucalipto, Pio (1996) obteve, para *E. scabra* e *E. robusta*, resistência da linha de cola no teste seco de 2,36 MPa e 2,57 MPa, e

no teste úmido de 2,31 MPa e 2,32 MPa, respectivamente para as duas espécies. Interanmense (1998), estudando as espécies de *E. cloeziana* e *E. maculata*, encontrou para o teste seco valores médios de resistência da linha de cola de 3,25 MPa e 2,81 MPa, e, para o teste úmido, valores médios de 2,47 MPa e 2,57 MPa, respectivamente para as duas espécies.

A resistência na linha de cola a esforços de cisalhamento mostrou um comportamento semelhante aos encontrados por Medina (1986), onde a resistência na condição seca é superior ao valor encontrado na condição úmida.

6. CONCLUSÃO

De acordo com as informações coletadas, o comércio de painéis compensados é crescente, sendo importante para a economia local, fator este atrelado ao crescimento do setor da construção civil e indústria moveleira, isto faz com o que haja uma maior demanda pelo produto. No entanto, o mesmo não é produzido na cidade, é fornecido principalmente por estados da Região Norte, o grande gargalo enfrentado pelas empresas é a questão geográfica e logística, uma solução para esse problema seria a instalação de uma pequena planta industrial no Estado visando atender o mercado interno.

As propriedades físicas e mecânicas avaliadas indicam que os painéis compensados comercializados na cidade de Manaus apresentam qualidade satisfatória de acordo com a norma avaliada.

De modo geral a pesquisa demonstrou que os valores das propriedades físicas e mecânicas foram variados, mas apesar da diferença entre ambas as empresas todas possuem painéis compensados de uso interno de boa qualidade e aptos para serem usados.

Apenas alguns valores ficaram abaixo do valor mínimo estipulado pela norma usada, como a massa específica aparente com 12mm de espessura, as propriedades mecânicas se enquadraram na norma como o MOE perpendicular com 15mm e o MOR paralelo e perpendicular, outros apresentaram valores mais expressivos. Porém, esse fator não impossibilita o uso.

Todavia, pode-se concluir de maneira geral que de acordo com todos os ensaios realizados a empresa B, apresentou os melhores valores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHER, L. B. A fabricação de bons compensados. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 113 – 121, 1948.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 31:000.05-002**. Rio de Janeiro, 2003. 56 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. **Nossos produtos**. 2010. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo setorial 2009, ano base 2008**. Curitiba – PR: ABIMCI, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. Artigo técnico n. 1. **Painéis de madeira fabricados no Brasil e suas particularidades, 2007**. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/sistadm/arquivos/21/Pain%20brasil.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Certificação "CE"**, 2005 Site: http://www.abimci.com.br/port/02Proj/0203CE/0203Frame_CE.html. Acessado em Abril/2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial**. Curitiba. ABIMCI, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial**. Curitiba. ABIMCI, 2003.

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

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM: D-1037 - Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials**. Philladelphia, 2006. Miller Freeman, 1995. 388 p.

BALDWIN, R. F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1995. 388 p.

BALDWIN, R.F. **Plywood Manufacturing Practies**. San Francisco: Miller Freeman. 1981. 326 p.

BLOOMQUIST, P.R. Gluing of southern pine. **Forest Products Journal**. 19 (4). 1969. 36-44 p.

BORTOLETTO JUNIOR, G. **Produção de compensados com 11 espécies do gênero Eucalyptus, avaliação de suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização**. Revista Scientia Forestalis, n. 63, p. 65-78, jun. 2003.

BURGER, M.L. & RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel. 1991. 154 p.

CE MARKING. **What is CE Marking**. Site: <http://www.ce-marking.org/what-isce-marking.html>. Acessado em Abril/2013.

CHOW, S; et al. **Quality control in veneer drying and plywood gluing**. Can. Forest Service. Inf. Rep. VP-X, 1973. 123 p.

DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN: 68705-3 - Plywood: building-veneer plywood. Berlin, 1981. 14p.

FERREIRA, B. S; et al. Cisalhamento na Linha de Cola de Compensados de *Eucalyptus* sp. e Adesivo PVA. *Floresta e Ambiente*, 2012. São Paulo. 141 – 146p.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. 1999. WOOD HANDBOOK—Wood as an engineering material. Wood-based Composites and Panel, Products chapter 10, Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, **Forest Products Laboratory**. 463 p.

FREEMAN, H.G. **Influence of production variables on quality of southern pine plywood**. *Forest Products Journal*, v.20, n°12. 1970.

HANCOCK, W.V. Effect of heat treatment on the surface of Douglas-fir veneer. **Forest Products Journal**. 13 (2). 1963. 81-88 p.

HOUWINK, R., & SALOMON, G. **Adhesion and Adhesives**. Vol. 1 e 2. Elsevier Publishing Company. 1965.

HSE, C.Y. Properties of phenolic adhesives related to bond quality in southern pine plywood. **Forest Products Journal**. 21 (1). 1971. 44-52 p.

INTERANMENSE, M. T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados**. Dissertação (Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 1998, 81 p.

IPT - Instituto de Pesquisa do Estado de São Paulo. **Manual de colagem de madeira**. n° 7. Divisão de Madeira. 1988. 59 p.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005, 247 .

IWAKIRI, S.; SALDANHA, L. K. **Painéis** n° 68 – ano12 – dezembro 2002. Site: <http://www.remade.com.br/revista/materia.php?edicao=68&id=268>. Acessado em Março/2013.

IWAKIRI, S. SILVA, J C, SILVA, J R M DA, ALVES, C R E PUEHRINGER, C A - Produção de compensados de pinus taeda L. e pinus oocarpa Schiede com diferentes formulações de adesivo uréia formaldeído. **Revista Árvore** vol.26 – n°3. Viçosa Maio/Junho/2002.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. 2001. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71 - 77, 2001.

JONES, Donald. T. Developments in Roll Spreading Techniques. **Forest Products Journal**. vol. 21. n° 6. June. 1971.

KEINERT JÚNIOR, S.; ALBERTO, M. M. M. Influência de diversos tempos e temperaturas de prensagem em compensados fenólicos de *Pinus taeda*:efeitos sobre a resistência da colagem ao esforço de cisalhamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 67-79, 1992.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. v. 2. 703 p.

LUTZ, J.F. **Woody veneer: log selection, cutting and drying**. USDA. Technical Bulletin. 1978.

MACEDO A. R. P., ROQUE C. A. L. **Painéis de madeira**. Setorial nº 6 BNDES setembro 1997. Site <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/painel.pdf>. Acessado em Março de 2013.

MALONEY, T.M. Modern particleboard & Dry-process fiberboard manufacturing. 2.ed. Sao Francisco: Miller Freeman Inc. 1993. 689 p.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade de colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** Curitiba. 1986 113p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

MENDES, L. M. ***Pinus spp.* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. Curitiba. 2001 156p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná.

MENDES, L.M.; ALBUQUERQUE, C.E.C de. Aspectos técnicos e econômicos da indústria brasileira de chapas de fibras e partículas. **Revista da Madeira**, n. 53, p. 14-22, 2000.

MENDES, R. F. **Efeito do tratamento térmico sobre as propriedades de painéis OSB**. 2011. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), Piracicaba, 2011.

NOCK, H. P. & RICHTER, N. G. **Adesão e Adesivo**. Curitiba. UFPR, 1978.

OLIVEIRA, M. A. **ISO 9001-2000: Um modelo para gestão do negócio**. Fascículo nº 1. SGQ Consultoria e Treinamento S/C Ltda, 2005. Site <http://iso9000.com.br/publica0.htm>. Acessado em Março de 2013.

PEREYRA, O. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados**. 1994. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1994.

PIO, N. S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados**. 1996. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PLYWOOD PIONEERS ASSOCIATION. **Milestones in the history of plywood**. 2008. Disponível em: <<http://www.apawood.org/plywoodpioneers/history.htm>> Acesso em: 18 de Março de 2013.

PRATA, J. G. **Desempenho de um Sistema de Qualidade em uma Fábrica de Painéis Compensados**. 2006. 106 f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

REMADE. Mercado estimula produtos de madeira com valor agregado. **Revista da Madeira**, Curitiba – PR, Ed. 84, out. 2004. Disponível em: <http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=84&id=630>. Acesso em: 10 de Março de 2013.

RIBEIRO, I. S. A. **Análise do mercado internacional de compensado**. Lavras. 2003 177p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras.

SELBO, M. L. Adhesive Bonding of wood. Technical Bulletin. n° 1512. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Washington D.C: 1975.

SELLERS JR, T. **Plywood and Adhesive Technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 661p.

SILVA, F.M. **Espécies tropicais para manufatura de painéis compensados**. 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e Números do Brasil Florestal**. São Paulo: 2006. 107p.

SUCHSLAND, O. **Warping of furniture panels**. Michigan: Agriculture Experimental Station, 1972. 48 p. (Extension Bulletin, E-745).

TORQUATO, L. P. **Caracterização de painéis comerciais produzidos no Brasil**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.

VIDAURRE, G.; VITAL, B. R.; ZANETI, L.; COLLI, A. Paricá uma espécie promissora. **Revista da Madeira**. N. 97 – junho 2006. Disponível em: <<http://>

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?20promissora>.
Acesso em: 23 de junho de 2013.

VIEIRA, M.C. Evolução Econômica do Painel Compensado no Brasil e no Mundo. **Floresta e Ambiente**, 2012. Rio de Janeiro. 277 – 285p.

ZENID, G.J.; NAHUZ, M. A. R.; ANDRADE, M. J.; MIRANDA, C. Mercado estimula produtos de madeira com valor agregado. **Revista da Madeira**, Curitiba – PR, Ed. 84, out. 2004. Disponível em: <http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=84&id=630>.
Acesso em: 20 de Março de 2013.

WALKER, J.C.F. Primary wood processing: principles and practice. London: Chapman & Hall, 1993. 595p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - FORMULÁRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM PROGRAMA DE POS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS



Data: ____/____/____

Dados da empresa:

Nome da empresa:			
Endereço:			
Zona da cidade:			
Entrevistado (a):			
Cargo:			
A empresa possui ISO	Sim ()	Não ()	Qual:
Contato:			

Dados dos painéis:

1. Qual a origem dos painéis compensados comercializados em Manaus?

2. Quais os tipos de painéis compensado comercializados na empresa?

3. Quais as principais espessuras mais comercializadas? E o número de lâminas respectivamente?

4. Qual o valor (R\$) aproximado dos painéis de acordo com as espessuras distintas?

5. Quais os principais consumidores dos painéis compensados?

() Construtoras

() Pessoa Física

() Marcenarias

() Outros _____

6. Qual a quantidade de painéis compensado comercializados (m^3) mensalmente?

7. A empresa comercializa outros painéis? Quais? E suas espessuras?

8. Qual o valor aproximado desses outros painéis?

9. Qual a quantidade comercializada (m^3) mensalmente de outros painéis?

10. Quais as maiores dificuldades encontradas na comercialização?

11. Como é feito o controle de qualidade dos painéis?

12. Como é realizada a classificação dos painéis?

13. Qual a logística para a chegada dos painéis do fabricante até os pontos de comercialização?

() Aéreo

() Terrestre

() Hidroviário

() Misto

Outros _____

Observação:
Lote:
Contato do Fornecedor: