



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Departamento de Estruturas

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE PAINEL DE OSB DO TIPO FORM

Eliomar Ferreira Bastos

Campinas, agosto de 2009.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Departamento de Estruturas**

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE PAINEL DE OSB DO TIPO FORM

Eliomar Ferreira Bastos

Orientador : Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo

Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre na Área de Concentração de Estruturas.

Campinas, agosto de 2009.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Bastos, Eliomar Ferreira
B297c Caracterização física e mecânica de painel de OSB do
tipo FORM / Eliomar Ferreira Bastos. --Campinas, SP:
[s.n.], 2009.

Orientador: Mauro Augusto Demarzo.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Paineis de madeira. 2. Placas (Engenharia).
3. Materiais - Propriedades. 4. Propriedades mecânicas.
I. Demarzo, Mauro Augusto. II. Universidade Estadual
de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Physical characterization and mechanics of panel of OSB: Panel of
OSB

Palavras-chave em Inglês: Wood panels, Plates (Engineering), Properties of matter,
Mechanical properties

Área de concentração: Estruturas

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Francisco Antonio Rocco Lahr, Newton de Oliveira Pinto Júnior

Data da defesa: 28/08/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Departamento de Estruturas**

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE PAINEL DE OSB DO TIPO FORM

Eliomar Ferreira Bastos

Dissertação de Mestrado aprovado pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo
Presidente e Orientador – FEC/UNICAMP**



**Prof. Dr. Francisco Antonio Rocco Lahr
EESC/USP**



**Prof. Dr. Newton de Oliveira Pinto Júnior
FEC/UNICAMP**

Campinas, 28 de agosto de 2009

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e por ter sempre posto pessoas verdadeiras e amigas no meu caminho.

Aos meus pais pela formação do meu caráter, pelo exemplo de persistência frente aos problemas da vida.

A meu amigo e orientador, Prof Dr. Mauro Augusto Demarzo, que me escutou, aconselhou, incentivou e sempre presente nesta caminhada.

A meu amigo, Prof Dr. Newton Junior, que me aconselhou e incentivou.

A amiga Adriana Ambrósio, pelo incentivo e paciência durante a elaboração deste trabalho.

Aos técnicos do Laboratório da FEC, Ademir Almeida, Marcelo Ramos , Luciano Passos , José Reinaldo Marçal e Rodolfo Bonamigo.

Ao técnico do Laboratório da FEM, José Luiz.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Dedico este trabalho aos meus pais, Florisbel Alexandre Bastos e Maria da Conceição Ferreira Bastos. (*in memoriam*)

CRÉDITOS

A elaboração desta pesquisa teve o apoio fundamental, técnico, das instituições abaixo relacionadas:

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
- Laboratório de Estruturas e Construção Civil
- Laboratório de Engenharia Mecânica

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- Laboratório de Madeiras

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XIV
RESUMO	XVI
ABSTRACT	XVII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVO SECUNDÁRIO.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
4. METODOLOGIA	15
4.1. MATERIAS E MÉTODOS.....	15
4.2 ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE	17
5. PROGRAMA EXPERIMENTAL E RESULTADOS OBTIDOS	41
5.1. DENSIDADE	42
5.2. MÓDULO DE ELASTICIDADE NA FLEXÃO (MOE)	43

5.3. MÓDULO DE RUPTURA (MOR) NA FLEXÃO.....	45
5.4 DETERMINAÇÃO DA DUREZA JANKA	46
5.5 CISALHAMENTO À COMPRESSÃO.....	48
5.6 TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	51
5.7 TRAÇÃO PERPENDICULARES ÀS FACES	58
5.8 - MÓDULO DE RIGIDEZ	61
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	72
6.1 – DADOS SOBRE O OSB NAS NORMAS ESTRANGEIRAS	73
6.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA UTILIZADA	73
6.2.1 – DIFERENÇA ENTRE TRATAMENTOS (MÉDIAS) PARA AMOSTRA PEQUENAS (N<32).....	73
6.2.2– COMPARAÇÃO DE MAIS DE DOIS TRATAMENTO.....	77
6.2.3– INTERVALOS DE CONFIANÇA.....	79
6.3 - ANÁLISE DA DENSIDADE.....	80
6.3.1– COMPARAÇÃO ENTRE AS DENSIDADES DOS DOIS TIPOS DE PAINÉIS.	80
6.3.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.....	83
6.4 – ANÁLISE DO MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO.	83
6.4.1– COMPARAÇÃO ENTRE OS MÓDULOS DE ELASTICIDADE.	84
6.4.2– INTERVALO DE CONFIANÇA PARA O MÓDULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL NA FLEXÃO.	85
6.5 – ANÁLISE DO MÓDULO DE RUPTURA LONGITUDINAL NA FLEXÃO.....	85
6.5.1– COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULOS DOS DOIS TIPOS DE PAINÉIS.	85
6.5.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.....	86
6.6 – DUREZA JANKA.....	87

6.6.1– COMPARAÇÃO ENTRE AS DUREZAS JANKA DOS DOIS TIPOS DE PAONÉIS.....	87
6.6.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.....	88
6.7 – TENSÃO DE CISALHAMENTO À COMPRESSÃO.	88
6.8 – RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PARALELAS ÀS FACES.	89
6.8.1– COMPARAÇÃO ENTRE AS RESISTÊNCIA PARA OS DOIS TIPOS DE PAINÉIS.	89
6.8.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.....	90
6.9 – TRAÇÃO PERPENDICULAR ÀS FACES.	90
6.10 – MÓDULO DE RIGIDEZ.	91
7.CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
7.1 – CONSIDERAÇÃO	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXO A	100
ANEXO B	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 -Processo de Fabricação de OSB genérico (Fonte Masisa acesso www.masisa.com.br em 29-02-2009).....	10
Figura 3-2 - Formação do colchão na linha de produção.	11
Figura 3-3 - Processo de prensagem.	12
Figura 4-1 - Balança utilizada para determinação da massa constante.	18
Figura 4-2 -Dessecador com desidratante, e indicador de saturação.	19
Figura 4-3 - Esquema de ensaio a flexão. (Fonte EN - 310/93)	20
Figura 4-4 - Corpos-de-prova em preparação.	21
Figura 4-5 - Corpo-de-prova posicionado para ensaio de 3 pontos.	22
Figura 4-6 - Gráfico para determinação das forças F_1 e F_2	24
Figura 4-7 - Acoplagem do equipamento Janka na máquina universal.....	27
Figura 4-8 – Aparato para Dureza Janka em painéis.(Fonte ASTM D-1037-06 A).	27

Figura 4-9- Equipamento para ensaio de cisalhamento à compressão. (Fonte ASTM D-1037-06A).	29
Figura 4-10– Verificação da força máxima de compressão.....	30
Figura 4-11 – Sistema para ensaio a compressão.	32
Figura 4-12 - Corpo-de-prova para tração paralela.	34
Figura 4-13 - Posicionamento do corpo-de-prova na máquina de ensaio.	35
Figura 4-14 - Corpo-de-prova para tração perpendicular às fibras.....	37
Figura 4-15 – Esquema do ensaio de cisalhamento (Fonte: DIAS et al,2004).	39
Figura 4-16 – Posicionamento dos transdutor de deslocamento.....	40
Figura 5-1 - Gráfico para determinar o incremento a 10% e 40%.	44
Figura 5-2 – Execução do ensaio para determinação do módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR).	45
Figura 5-3 - Soldagem da esfera	47
Figura 5-4 - Acoplagem a máquina da Versa Test.	48
Figura 5-5- Acoplagem do sistema desenvolvido no equipamento VERSA TEST.	49

Figura 5-6- Verificação do sistema acoplado para determinação do cisalhamento à compressão.....	50
Figura 5-7 -Desgastes do eixo e do corpo-de-prova.	51
Figura 5-8 - Inserção de limitadores.....	52
Figura 5-9 - Fresa de corte, utilizada para fazer os corpos-de-prova.....	52
Figura 5-10 – Corpos-de-prova moldado conforme NBR 7190/97.	53
Figura 5-11 -Outro modelo de corpo de prova.	54
Figura 5-12 – Corpos-de-prova deb tração na máquina de ensaio.	55
Figura 5-13 – Corpo-de-prova de tração, após ruptura	56
Figura 5-14 –Corpo-de-prova rompido.	57
Figura 5-15 - Acoplagem à máquina de ensaio para ensaio de tração perpendicular às fibras.	59
Figura 5-16– Corpo-de-prova rompido à tração perpendicular às fibras.	60
Figura 5-17- Desenvolvimento do sistema para ensaio.	62
Figura 5-18- enrijecimento das bordas	63
Figura 5-19- Esmagamento ocorrido nas bordas	64
Figura 5-20 - Strain gages para aquisição da deformação.....	64

Figura 5-21 - Corpo-de-prova rompido.....	65
Figura 5-22 – Esquema da deformação do painel ensaiado	66
Figura 5-23 – Círculo de Mohr para estado plano de tensões,para cisalhamento puro .	66
Figura 5-24 – Deformação e medida no ensaio.....	68
Figura 5-25 – Obtenção de Δi	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1- Densidade dos Painéis OSB Form e OSB Form Plastificado	43
Tabela 5-2 – Resultados dos Módulos de Elasticidade (MOE), em N/mm ²	44
Tabela 5-3 – Módulo de ruptura em N/mm ²	46
Tabela 5-4 – Dureza janka.	47
Tabela 5-5 – Tensão de cisalhamento à compressão	50
Tabela 5-6 – Resistência à tração paralela às faces	58
Tabela 5-7 – Tração perpendicular às fibras	61
Tabela 5-8 – Resumo dos dados do Módulo de Rigidez	71
Tabela 6-1 – Quadro de Anova	77
Tabela 6-2 – Parâmetros estatísticos das densidades	80
Tabela 6-3 – Parâmetros estatísticos das densidades	81

Tabela 6-4 – Parâmetros estatísticos para o Módulo de Elasticidade Longitudinal na Flexão	84
Tabela 6-5 – Parâmetro estatísticos para o Módulo de Ruptura Longitudinal na Flexão	86
Tabela 6-6 – Parâmetros estatísticos para Dureza Janka.....	87
Tabela 6-7 – Parâmetros estatísticos de Cisalhamento à Compressão.....	88
Tabela 6-8 – Parâmetros estatísticos para as Resistências à Tração paralelas às faces	89
Tabela 6-9 – Parâmetros estatísticos da Tração perpendicular às fibras de painéis OSB Form, 17mm.....	90
Tabela 6-10 – Parâmetros estatísticos do Módulo de Rigidez de painéis OSB Form, 17 mm	91
Tabela 6-11 – Parâmetros estatísticos para o Módulo de Rigidez de Painéis OSB Form, 17 mm, sem “outliers”	91

RESUMO

Dentre os painéis derivados de madeira de reflorestamento, o OSB (Oriented Strand Board), que possui uma considerável resistência, e que, portanto, é indicado para construção civil, vem apresentando crescimento em sua produção. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar aspectos específicos importantes a serem observados em pesquisas laboratoriais de algumas propriedades físicas e mecânicas desse material. Como resultado esperado, além dos resultados obtidos para chapas de OSB de 17 mm, plastificada e não plastificada, prevê-se a identificação de recomendações que sejam úteis para a implantação de uma sistemática visando a normatização desses ensaios. Por falta de normatização brasileira específica para OSB, se fez necessárias adaptações das prescrições experimentais das normas brasileiras (ABNT) para Compensados e para Madeiras Aglomeradas, bem como de normas estrangeiras voltadas ao OSB: Normas Canadense para OSB (CSA), Normas Européias para OSB (NP-EN), e Normas Americanas para OSB (ASTM).

Palavras-chave: OSB, madeira, propriedades físicas e mecânicas, experimentação.

ABSTRACT

Amongst the panels derived wooden from reforestation, OSB (Oriented Strand Board), that it possesses a considerable resistance, and that, therefore, it is indicated for civil construction, it comes presenting growth in its production. In this context, the objective of this work is to present specific aspects important to be observed in laboratories research of some physical and mechanical properties of this material. As waited result, beyond the results gotten for plates of OSB of 17 mm, plasticized and not plasticized, it is foreseen identification of recommendations that are useful for the implantation of a systematic aiming at the standardization of these assays. Due to specific Brazilian standardization for OSB, if it made necessary adaptations of the experimental lapsing of the Brazilian norms (ABNT) for Compensated and Agglomerated Wood, as well as of come back foreign norms to the OSB: Standard Canadian for OSB (CSA), European Norms for OSB (NP-EN), and Standard American for OSB (ASTM).

Keywords: OSB, physical and mechanical wood, properties, experimentation.

1. INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento da tecnologia de fabricação de painéis, combinado com o encarecimento da madeira maciça de grandes dimensões, conduziram ao desenvolvimento da indústria de produtos laminados de madeira. Os compostos laminados constituem uma considerável porção dos compostos de madeira usados atualmente. A laminação é executada de forma a produzir um material com propriedades melhoradas, quando comparados à madeira maciça serrada (RIBEIRO, 1986).

Várias são as subclasses de sistema de laminados, incluindo-se laminados paralelos, laminados transversais, madeira reforçada, painéis em sanduíche e OSB.

O material denominado OSB (Oriented Strand Board) surgiu no Canadá, na região dos grandes lagos, notória pela abundância de *aspen* (*populus.pps*), e *pinus*. Todavia, a indústria expandiu-se pelos Estados Unidos, e o painel de OSB ganhou notoriedade mundial (WANG & WINISTORFER, 2000).

O OSB já é considerado como sendo a segunda geração de painéis, dentro de uma escala evolutiva. A partir de meados da década de 70, houve uma grande expansão na produção e utilização de painéis de OSB, alcançando fronteiras além dos Estados Unidos e do Canadá. O Brasil, depois de três décadas de atraso, ingressou no grupo de países produtores de painéis de OSB. Em dezembro de 2001, uma empresa internacional, através de sua subsidiária chilena do setor florestal, inaugurou em Ponta Grossa – PR a primeira fábrica de OSB do País, e, em 2002, entrou em operação. O produto começou a ser difundido como painéis estruturais de usos múltiplos.

Segundo CLOUTIER (1998), o OSB está substituindo o compensado em muitas aplicações. Os painéis de OSB são utilizados para aplicações estruturais, tais como paredes, suporte para piso e forro, componentes de vigas estruturais, e embalagens.

Também para TOMASELLI (1998), os painéis de OSB concorrem, em algumas aplicações, com o compensado; neste caso, com os compensados do tipo FORM (fôrma de concreto), especificado segundo a ABNT 9532/1966, classificados como EX (exterior), segundo a ABNT 9531/1986.

Até 2000, o OSB não era conhecido no mercado nacional (GOUVEIA et al, 2000); mas era reconhecido pelos Códigos de Construção do Canadá e dos Estados Unidos . No Brasil, onde não existe ainda normas próprias para OSB, há a necessidade de caracterizar este material, e, em particular, o OSB Form tendo em vista sua utilização alternativa em forma para concreto.

No Brasil, sua utilização é relativamente restrita, em consequência da falta de políticas de expansão científica e exploração de informações a respeito de sua estrutura e propriedades. A utilização de painéis de OSB tem aumentado e vem ocupando espaço de utilização, antes exclusivos de compensados.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo principal a determinação de algumas propriedades físicas e mecânicas do OSB Form e OSB Form Plastificado de 17 mm de espessura.

2.2. OBJETIVO SECUNDÁRIO

Por falta de normatização brasileira específica para OSB, se faz necessário adaptações das prescrições experimentais das normas brasileiras (ABNT) para Compensados e para Madeiras Aglomeradas, bem como de normas estrangeiras voltadas ao OSB: Normas Canadense para OSB (CSA), Normas Européias para OSB (NP-EN), e Normas Americanas para OSB (ASTM).

Dessa maneira, acabam fazendo parte dos objetivos as adaptações de equipamentos e métodos experimentais, pois darão subsídios para eventual confecção de Normas Brasileiras para ensaio de materiais desse material ou afim.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como já comentado anteriormente, o Brasil ainda não tem normas para OSB. Mas tem para compensados, material esse que mais se aproximaria do OSB, entre os já normatizados.

O compensado é um painel formado através da colagem de madeira, geralmente em números ímpares de camadas, sobrepostas com a adição das fibras das camadas sucessivas formando ângulos entre si, em geral, retos. (KOLLMANN et al, 1975; TSOUMIS, 1991).

As características importantes dos compensados são a sua capacidade de suportar cargas de impacto, que se impõe a certas estruturas e a resistência a rachaduras, WALKER (1993). De acordo com TSOUMIS (1991), é praticamente impossível rachar o compensado, sendo isso também importante no que diz respeito ao uso de pregos e outros conectores.

No caso do direcionamento ortogonal de uma lâmina em relação à outra adjacente, a posição relativa entre lâminas restringe a movimentação tangencial das camadas e resulta em valores de retratibilidade similares, nas duas direções do plano do painel, conferindo ao compensado excelente estabilidade dimensional. Além disso, o direcionamento cruzado das fibras também proporciona a uniformidade das propriedades mecânicas nas duas direções do plano do painel. Segundo TSOUMIS (1991), essa uniformidade é maior quanto maior é o número de camadas do compensado, em razão da melhor distribuição das tensões que se desenvolvem em face de determinado carregamento.

Em virtude de possuir diversas características favoráveis, o compensado encontra utilização das mais variadas, como na construção civil para aplicações estruturais ou não (pisos, forros, paredes, esquadrias, portas, telhados, andaimes, fôrmas de concreto, etc).

De acordo com estudos desenvolvidos por HOWARD (2001), uma das maiores mudanças em tecnologia que estavam ocorrendo na indústria à base de madeira, era a substituição do compensado pelo OSB no mercado de painéis estruturais dos Estados Unidos. Contudo, dados desse autor evidenciaram que os compensados ainda predominavam no ano de 1999.

Segundo CLOUTIER (1998) os painéis de OSB são produtos utilizados para aplicações estruturais, competindo com o compensado. Por ser menos exigente de que o compensado na qualidade da matéria prima, o OSB está substituindo o compensado em muitas aplicações.

Previsões feitas por TUOTO & MIYAKE (2000) indicavam que o OSB deveria ter uma penetração muito rápida na indústria da construção civil nacional, e que sua produção alcançaria 300.000 m³ no ano de 2004. Segundo prognóstico desses autores, essa produção corresponderia a 4,6% do volume total da produção nacional de painéis de madeira, com participação de 8,3% da chapa dura, de 21,4% do MDF, de 32,1% do compensado, e de 33,6% do aglomerado. Em 2006, a produção brasileira da indústria de painéis alcançou 4,4 milhões de metros cúbicos.

O OSB é pouco conhecido no mercado nacional. Teve sua introdução no Brasil através de importações da Europa. Mesmo antes da sua introdução, as pesquisas desenvolvidas em laboratórios sobre esse tipo de painel tiveram início no País, entre as quais, por exemplo, podem ser citadas as publicações de GOUVEIA et al (2000) e MENDES et al (2000). Embora pouco difundido, o produto já conta com uma fábrica instalada no Brasil, em escala industrial, em operação desde 2002, e ainda sem normas técnicas brasileiras para seus painéis de OSB Form e OSB Plastificado.

O OSB é reconhecido pelos Códigos de Construção do Canadá, dos Estados Unidos, e da Comunidade Européia, como sendo equivalente ao painel de compensado, em aplicações estruturais. Três normas de padronização da “Canadian Standards Association” para o OSB são correntemente utilizadas no Canadá: a CSA 0437.0 - “OSB and Waferboard”; a CSA 0325- “Construction Sheating” ;e a CSA 0452- “Design Rated OSB”. Nos Estados Unidos, a Norma adotada é a US PS2-92 – “Performance Standard for Structural – Use Wood-base Panels”. Na comunidade Européia, a EN-300 OSB (CLOUTIER, 1998 ; JANSSENS,1998).

O Eurostrand OSB pode ser usado em condições secas (OSB/2) ou úmidas (OSB/3 e OSB/4), de acordo com o DIN 68800-2(Norma Alemã).

Segundo CABRAL et al (2006), o OSB é um painel de partículas de madeira parcialmente orientadas, finas e longas (*strands*), com a incorporação de adesivo à prova d’água e consolidadas pelo uso de resina, calor e pressão. As partículas (tiras) utilizadas industrialmente são geradas normalmente com largura de 25 mm e comprimento de 80 mm a 150 mm, podendo estar dispostas na camada interna, perpendiculares às camadas externas, ou de forma aleatória. CLOUTIER (1998) afirma que as indústrias canadenses utilizam temperatura de prensagem de 200°C a 220°C, e tempo de 3 a 6 minutos, dependendo da espessura do painel.

A geometria das tiras de madeiras (*strands*), relacionada ao seu comprimento e largura, é um dos parâmetros que controla o seu grau de orientação no processo de formação dos painéis de OSB.

E essa geometria das tiras , e a sua orientação e formação em três camadas cruzadas (face-centro-face), conferem aos painéis de OSB uma maior resistência mecânica (flexão estática) e uma melhor estabilidade dimensional. Contudo, comparativamente, o compensado seria um painel mais estável, e o método proposto para uma estabilização dimensional de painéis de OSB ainda não são aplicados, em razão dos custos e dos aspectos técnicos operacionais (MENDES, 2001).

De acordo com SALLERS (2001), a resina mais utilizada na produção do OSB é a fenólica. Entretanto, o uso da resina de isocaineto é crescente, embora tenha custo superior. Segundo TSOUKIS (1991), esse tipo de painel é tipicamente formado por três camadas, sendo, nas externas, as partículas de madeira orientadas paralelamente à direção de formação do painel; na camada interna, a orientação é perpendicular. Esse autor afirmou que, na essência, o OSB é similar ao compensado, no que diz respeito à forma de construção, de maneira que também são similares sua resistência e rigidez à flexão estática e sua estabilidade dimensional .

Embora, como dito anteriormente, a resina mais utilizada atualmente na produção de painéis de OSB é a Fenol-Formaldeído (FF), a resina Difenil Metano Dí-isocianeto (MDI) é utilizada por aproximadamente 35% das indústrias, principalmente nas camadas internas (miolo).

A quantidade de resina Fenol-Formaldeído e parafinas utilizadas na produção dos painéis de OSB podem variar de 3% a 6% e de 0,5% a 1,5% respectivamente; quantidade maior de parafina poderá resultar em redução na resistência mecânica dos painéis, segundo CLOUTIER (1998) e MARRA (1992). A função da parafina é reduzir a higroscopicidade das partículas de madeira, e, dessa forma, diminuir a absorção de água e inchamento em espessura dos painéis.

GEIMER (1976) afirma que partículas do tipo “*strand*” proporcionam melhor orientação em comparação às partículas menores, tendo-se em vista a relação comprimento/ largura, como as do tipo “*sliver*”, “*flake*” e “*wafer*”.

Segundo MALONEY (1993), a relação entre o comprimento e a largura das partículas deve ser de no mínimo três, para possibilitar uma boa orientação das partículas no painel.

Para STRATEGIS (2004), a geometria das partículas é o fator mais importante no que diz respeito às propriedades e à aparência dos painéis de OSB. Em geral, lascas longas e estreitas melhoram as propriedades por proverem maior contato na transferência de resistência.

Segundo MOSLEMI (1974), MALONEY (1993), KELLY (1977) e HRÁZSKY & XRÁL (2003), entre os requisitos na escolha da matéria-prima para a fabricação de painéis de madeiras reconstituídas, devem se considerar a densidade, a estabilidade dimensional, a acidez, e a capacidade de resistência.

A densidade é uma das propriedades mais importantes, pois afeta a densidade do painel e as suas propriedades mecânicas. Madeiras de baixa densidade permitem razões de compactação mais elevadas, e que a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira, seja no mínimo de 1.3 (IWAKIRI, 2003) o que aumenta a superfície de contato entre as partículas de madeira. Além do mais, madeiras de baixa densidade geram painéis com maior uniformidade, e que possuem alta capacidade de distribuição de forças, melhorando suas propriedades de resistência à flexão estática e às ligações internas (CABRAL, 2006).

O teor de umidade, e sua distribuição no colchão contribuem significativamente para as propriedades finais do painel. Se houver variação da densidade em relação às camadas que formam os painéis, as que possuírem maior teor de umidade serão mais densificadas e apresentarão resistência e rigidez à flexão maiores do que os painéis prensados com teor de umidade uniforme do colchão, (MALONEY, 1977).

Segundo MOSLEMI (1974) e MALONEY (1993), madeiras com densidade de até $0,55 \text{ g/cm}^3$, são as mais recomendadas para a produção de painéis OSB.

CLOUTIER (1998) afirma que a face-miolo-face das camadas cruzadas, ideal é na faixa de 20:60:20 a 30:40:30, baseado na percentagem de peso de partículas, de acordo com SUZUKI & TAKEDA (2000), as propriedades de flexão estática podem ser igualadas nos sentidos paralelo e perpendicular usando-se a relação face-miolo-face de 25:50:25.

Para fabricação do OSB é possível utilizar madeiras de qualidade inferior e até resíduos florestais, desde que estes apresentem dimensões que permitam a confecções das tiras (MENDES, 2001).

Os painéis de OSB podem ser obtidos a partir de madeiras provenientes de desbastes e de troncos finos e tortuosos, como espécies de menor valor comercial. Competem com os compensados, que requerem toras de alta qualidade para sua manufatura e, por isso, são de custo relativamente superior (WALKER, 1993).

Segundo STRATAGIS (2004), no processo de fabricação de OSB, figura nº3-1, alguns procedimentos são preponderantes: seleção das partículas (peneiramento), secagem, porcentagem de adesivo, distribuição das partículas em sentido perpendiculares entre si, prensagens, e acabamento. A seguir, serão descritas as etapas de produção de OSB:

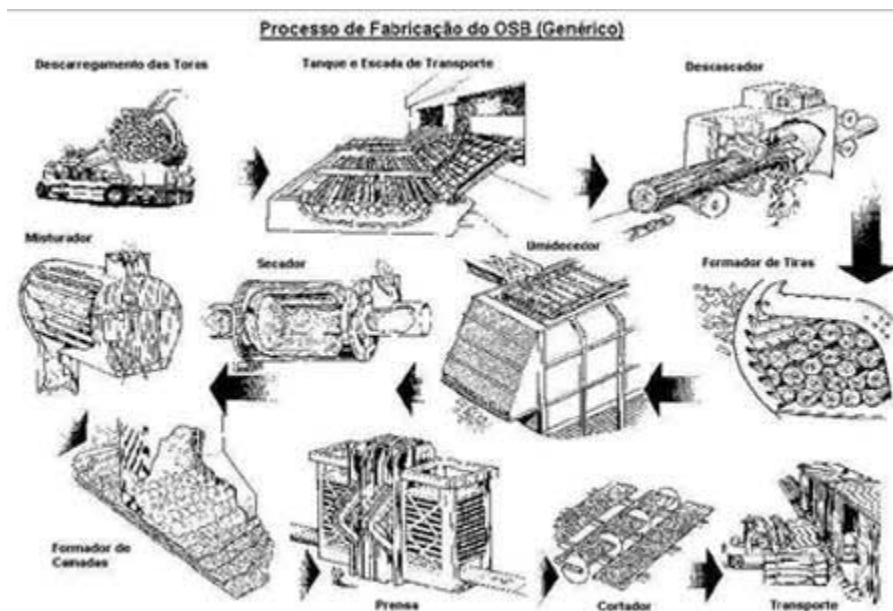


Figura 3-1 -Processo de Fabricação de OSB genérico (Fonte Masisa acesso www.masisa.com.br em 29-02-2009)

- **Secagem** – Atualmente utilizam-se três ciclos rotativos de secagem. Porém, a secagem com apenas um ciclo tem se estabelecido nas novas indústrias de OSB. Com isto, se evitam a emissão de voláteis e a possibilidade de queima das lascas. O controle da umidade é importante para obtenção de lascas de boa qualidade. Esta inovação é necessária para viabilizar o uso de espécies mais densas e misturas de espécies.
- **Classificação das partículas/peneiramento** – O equipamento de classificação rotativo é o mais utilizado nas indústrias de OSB, levando a resultados satisfatórios principalmente no que se refere às lascas internas. Madeiras densas estão sistematicamente sendo introduzidas na fabricação dos painéis de OSB, o que gera lascas mais frágeis. A separação rotativa inclinada evita quebras, levando a crer em reestruturações nas indústrias de OSB.

- Aplicações dos adesivos – Atualmente, nas indústrias de OSB, os adesivos utilizados são fenólicos de base líquida, aplicados em um grande tambor giratório. Tais adesivos aderem com maior facilidade às superfícies das partículas, em geral quando aplicados às de maior densidade. Algumas empresas também utilizam adesivos à base de isocianeto, principalmente na camada interna. Estes adesivos são aplicados em produção de painéis especiais, para uso em locais com maior umidade. Por apresentarem maior expansividade, tornam-se mais perigosos que os adesivos fenólicos. A quantidade de adesivo aplicado gira em torno de 2% a 3% em cada camada. Em madeiras mais densas, esta quantidade poderá ser maior.
- Formação do colchão – A formação do colchão consiste em distribuição de lascas ao longo da esteira com alinhamento das camadas paralelamente entre si, figura nº3-2. Variações de densidade aumentam o custo de produção, pois levam equipamentos a trabalharem com maior potência. Novos equipamentos têm sido introduzidos com intuito de permitir o aproveitamento de matéria-prima alternativa, principalmente espécies de madeira com densidade mais elevadas.



Figura 3-2 - Formação do colchão na linha de produção.

- Prensagem - Muitos fatores influem na prensagem para produção de OSB: temperatura, tempo, umidade e distribuição do colchão, espécies de madeira, geometria das lascas, tipo de adesivo, mudança do perfil das espessuras durante a prensagem, tempo de fechamento da prensa. Temperatura e maior carga de prensagem, dependendo da espécie de madeira, influenciam na qualidade, estabilidade e adesão interna dos painéis. Tempo de prensagem excessivamente curto pode prejudicar o processo de cura. A densidade do OSB é estabelecida pela taxa de compactação do colchão, que pode ser afetada no fechamento da prensa. O rápido fechamento eleva a densidade superficial, o módulo de elasticidade e de ruptura, mas reduz a resistência à adesão interna. A prensagem contínua é a mais comum nas indústrias de OSB. Com esta tecnologia se produzem painéis de melhor qualidade, figura nº3-3, com redução de desperdícios de materiais.



Figura 3-3 - Processo de prensagem.

As EN (Normas Europeias) definem OSB como aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas, composto de várias camadas, aglutinadas por uma mistura colante. As partículas das camadas exteriores encontram-se alinhadas e dispostas paralelamente ao comprimento ou à largura da placa.

A empresa MASISA lançou no mercado nacional, após sua entrada em operação em 2002, além de outros produtos, os painéis de OSB Form e o OSB Form Plastificado, nas espessuras de 12, 14 e 17 mm, visando à indústria da construção civil, com o objetivo de serem utilizados como fôrmas de concreto. Tais painéis são formados com a utilização de tiras de madeira de baixa densidade (*Pinus*), prensados com resina composta de Melanina Formol Uréia e Resina Fenólica (MPUF), e faces recobertas com tego-filme (fina camada com função de impermeabilização, evitando a absorção da água do concreto).

Segundo a ABIPA e a MASISA (2009), a indústria de painéis reconstituídos utiliza como matéria-prima a madeira obtida de florestas plantadas de *Pinus* e de Eucalipto, caracterizando-se pelo pequeno número de unidades industriais de grande escala. Os principais produtos são os aglomerados, o MDF, e o MDP utilizados para diferentes finalidades, em particular para móveis.

Em 2006, a produção de painéis reconstituídos de madeira foi cerca de 4,4 milhões de m³ e o consumo 4,3 milhões de m³. As exportações atingiram 542 mil m³, concentrando-se nas chapas duras (43%), OSB (33%) e MDF (19%). A capacidade brasileira de produção de OSB (*Oriented Strand Board*), em 2005, era de 300 mil m³ mês a produção foi de 263 mil m³, sendo o consumo interno de 249 mil m³.

O mercado da construção civil, tanto no sistema de construção a seco, quanto no sistema tradicional, em alvenaria, representa um enorme potencial de consumo para a MASISA OSB. Além do fechamento de paredes, vocação primária do painel de OSB nas construções pelo sistema a seco, a Masisa vem desenvolvendo uma série de produtos, a partir do OSB, para as obras de alvenaria.

A empresa Masisa assinou em setembro de 2006, um protocolo de

intenções para a construção de uma nova linha de produção, cujo investimento ainda está em aprovação e que deve ser instalada no Rio Grande do Sul.

Hoje, são fabricados pela LP Brasil S.A., e passaram a se chamar LP ECO-FORM e LP TOP-FORM 2F. Desenvolvido exclusivamente para uso em fôrmas de concreto, o LP ECO-FORM tem como destaque o selamento com tinta especial na borda nas cores laranja e branco, que auxilia na proteção contra a umidade, tornando os painéis mais resistentes e com baixo índice de inchamento. Por outro lado, também desenvolvido exclusivamente para uso em fôrmas de concreto, o LP TOP-FORM 2F possui revestimento com filme fenólico 120 g/m² (Tego Filme) nas duas faces do painel, garantindo um melhor acabamento e um maior número de utilizações.

Como conclusão, é possível dizer que o escopo do trabalho procura trazer mais uma contribuição para o usuário desse material, seja pesquisador, calculista, ou proprietário, pois o conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas sempre permite uma melhor otimização do projeto, bem como confiança e segurança para o usuário do mesmo.

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAS E MÉTODOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta normas que estabelecem dimensões, tolerâncias e condições a serem seguidas para classificação das chapas de compensado, madeiras aglomeradas e MDF, mas até 2009 ainda não versa sobre OSB.

A classificação das chapas quanto ao local de utilização, segundo a NBR-9531/1986, abrange três tipos básicos:

IR - interior: chapa colada com cola tipo interior.

IM - intermediária: chapa colada com cola do tipo intermediária.

EX - exterior: chapa colada com cola a prova d'água, onde é submetida a repetidos ciclos de umedecimentos e secagens ou ações d'água.

As condições que devem ser seguidas por cada tipo de painel são: uso geral - GER; forma de concreto - FOR; decorativo - DEC; industrial - IND; naval - NAV e sarrafeado - SAR; classificados segundo as prescrições da NBR-9532/1986.

Para os compensados tipos FOR, devem ser verificados os módulos de elasticidade, preconizado na NBR 9533/1986.

A European Standard (Norma Portuguesa) NP-EN 300/2002, define quatro tipos de OSB de acordo com sua resistência mecânica e suas propriedades físicas:

OSB/1– Placas para usos gerais e placas para componentes interiores, utilizadas em ambiente seco;

OSB/2 – Placas para fins estruturais, utilizadas em ambiente seco;

OSB/3 – Placas para fins estruturais, utilizadas em ambiente úmido;

OSB/4 – Placas para fins estruturais especiais, utilizadas em ambiente úmido.

A caracterização dos painéis de OSB FORM de 17 mm também pode ser avaliada com base na ASTM 1037-96A (American Society for Testing and Materials).

Assim, os materiais objetos de estudo são os painéis de OSB FORM de 17 mm e OSB FORM PLASTIFICADO 17 mm; utilizados como fôrma para concreto armado, fabricados pela empresa MASISA, ainda sem caracterização pelas normas da ABNT.

4.2 ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

Foram utilizadas para a determinação da umidade, cinco amostras retiradas de cada cinco painéis de OSB Form de 17 mm e cinco de painéis OSB Form Plastificado de 17 mm, painéis obtidos de forma aleatória e as amostras retiradas dos painéis segundo as prescrições da norma EN 326-1 (European Standard EN-1:1994 tem o status da Norma DIN).

As amostras foram obtidas dos painéis, conforme o plano de corte estabelecido pela norma EN-326-1/1994, com as seguintes dimensões: largura 50 ± 2 mm, comprimento 100 ± 2 mm e espessura de 17 ± 2 mm. Para obter as dimensões, foi utilizado um micrômetro da Mitutoyo de resolução de 0,005 mm para a espessura, dimensões obtidas pela média das bordas, e um paquímetro eletrônico da Mitutoyo de precisão de 0,01 mm, para obter as demais dimensões, também pela média, dimensões estas, expressas e detalhadas na tabela nº1.01 a 1.10, postadas no anexo A.

Logo após, os corpos-de-provas foram acondicionados até obter-se uma massa constante a uma umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e a uma temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, conforme condições de ambiente para condicionamento de corpos-de-prova (EN323/2000). Considerou-se assintoticamente constante quando o resultado de duas pesagens sucessivas, efetuadas num intervalo de 24 horas, não diferiram mais de 0,1% entre as pesagens, as quais foram realizadas com o uso de uma balança digital de alta precisão. (Fig. nº4-1).



Figura 4-1 - Balança utilizada para determinação da massa constante.

Conforme prescrição da Norma EN 323/2000, a massa específica aparente será obtida com o uso da expressão:

$$M_{ea} = \frac{m}{c.b.e} \quad (1)$$

onde:

M_{ea} = a massa especifica aparente, em g/cm³;

m = massa do corpo-de-prova, em g;

c = comprimento do corpo-de-prova, em cm;

b = largura do corpo-de-prova, em cm;

e = espessura do corpo de prova, em cm;

Os resultados obtidos serão analisados estatisticamente, usando análise de variância (Anova).



Figura 4-2 -Dessecador com desidratante, e indicador de saturação.

4.3 ENSAIO DE FLEXÃO E DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE) E MÓDULO DE RUPTURA (MOR)

Para a determinação do módulo de elasticidade (MOE), e do módulo de ruptura (MOR), na flexão estática dos painéis, a amostragem e o plano de corte dos corpos-de-prova retirados dos painéis, foram realizados segundo as prescrições da norma da comunidade europeia EN-326-1/1994 .

As dimensões dos corpos-de-prova devem seguir a equação (6) em função da espessura do painel.

$$L = 25e \quad (6)$$

onde:

L = distância entre apoios;

e = a espessura do painel;

Então, $L = 25 \times 17 = 425 \text{ mm}$.

O comprimento total dos corpos-de-provas será obtido pela função,

$$C = L + 50 \quad (7)$$

Assim o corpo-de-prova deve ter 475 mm de comprimento, largura de 75 mm e espessura do painel, figura nº4-3.

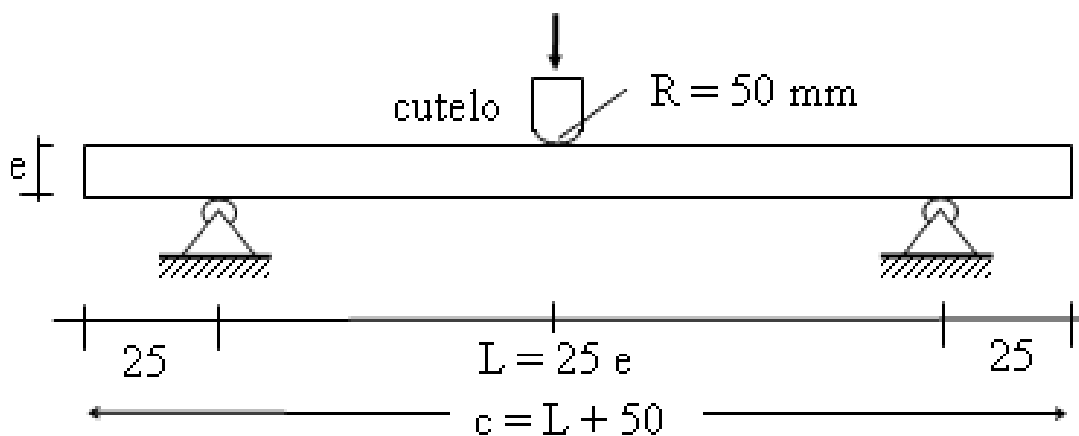


Figura 4-3 - Esquema de ensaio a flexão. (Fonte EN - 310/93)

O corpos-de-provas devem ser condicionados até a constância de massa, sob umidade relativa de $(65 \pm 5) \%$ e uma temperatura de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, sendo que a massa

será considerada constante quando o resultado de duas pesagens sucessivas, realizadas em um intervalo de 24 horas, não diferirem mais de 0,1% em relação ao peso inicial do corpo-de-prova .

Para realizar o ensaio, os corpos-de-prova devem ser bi-apoiados, conforme estabelece a norma da comunidade européia EN-310/1993, ou a norma ASTM 1037-06a, ou ainda a norma CSA-0437.1.93, deve-se ajustar o vão para que a distância entre os centros dos apoios (L) seja igual a 25 vezes a espessura nominal do corpo-de-prova . Essa distância não deve ser inferior a $(100 \pm 5\text{mm})$, figura nº4-4.



Figura 4-4 - Corpos-de-prova em preparação.



Figura 4-5 - Corpo-de-prova posicionado para ensaio de 3 pontos.

Na figura nº4-5, pode-se observar o posicionamento do corpo-de-prova sobre os apoios da máquina universal de teste, de forma que o plano de sua maior superfície fique na horizontal e seu eixo do comprimento perpendicular aos eixos dos apoios, e do cutelo.

Deve-se aplicar a carga através do cutelo, continuamente e a uma velocidade constante calculada como determina a norma CSA.0437.1/1993 através da expressão(8) :

$$V = \frac{K \times L^2}{6e} \quad (8)$$

V = corresponde à velocidade do carregamento , em mm/s;

K = 0,00005, taxa de deformação da fibra;

L = distância entre apoios (vão), em mm;

e = espessura do corpo-de-prova em mm.

Assim, a velocidade de carregamento deverá ser de 0,0885 mm/s.

Para determinar o módulo de elasticidade, são registradas as forças carga e os correspondentes deslocamentos, depois de determinado o incremento de carga, de modo que as várias leituras de carga e deflexão sejam registradas .

Foi instalado instrumento de medida de deslocamento nos pontos de contato do corpo-de-prova, de modo que a zona de compressão causada pelos suportes de apoio e/ou cutelo não influenciaram nas medidas de deflexão.

As medidas de deslocamento, no meio de vão, foram realizadas com precisão de 0,01 mm; foi utilizado um registro automático de força e deformação. Poís logo foi utilizado o programa computacional *Origen 7.5*.

O módulo de elasticidade é obtido como determina a EN-310/1993 similar à norma CSA-0437.1.93, com o uso da expressão (9):

$$MOE = \frac{L^3 (F_2 - F_1)}{4 b e^3 (S_2 - S_1)} \quad (9)$$

onde:

MOE = módulo de elasticidade, N/mm²;

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

e = espessura do corpo-de-prova, em mm;

b = largura do corpo-de-prova, em mm;

$F_2 - F_1$ = incremento de força, no trecho reto da curva força-deflexão, determinando F_1 a 10% e F_2 a 40% da carga de ruptura, em Newtons, com precisão de 1%; (figura 4-6);

$S_2 - S_1$ = incremento de deflexão, no ponto central do vão, correspondente a, $F_2 - F_1$, determinado em milímetros, com precisão de 0,01mm.(figura 4-6);

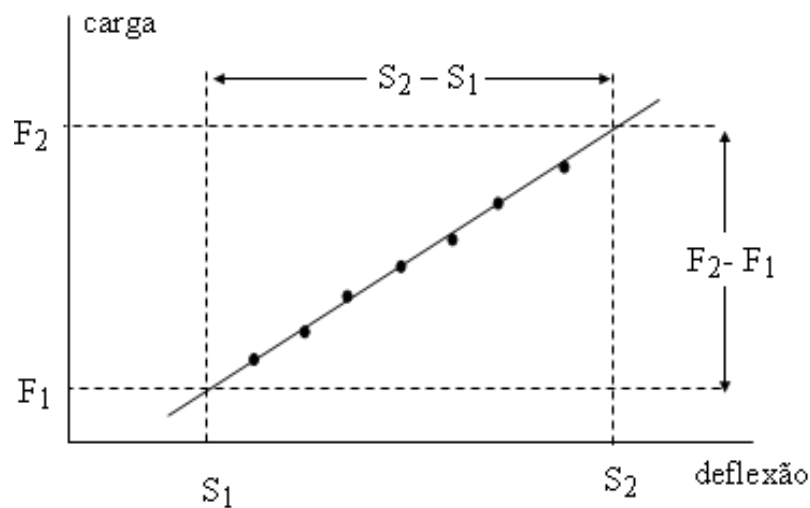


Figura 4-6 - Gráfico para determinação das forças F_1 e F_2 .

O módulo de elasticidade de cada grupo de corpo-de-prova retirado

do mesmo painel, gerará, a média aritmética dos resultados individuais, utilizados para a análise estatística do teste F.

O módulo de ruptura (MOR) na flexão estática, de cada grupo de corpo-de-prova é calculado pela média dos resultados dos ensaios à flexão . A resistência à flexão (MOR) é calculada como determina a norma EN-310/1993, similar à norma CSA-0437.1.93 através da expressão (10) :

$$MOR = \frac{3 F_{RUP} L}{2 b e^2} \quad (10)$$

onde:

MOR = Módulo de ruptura à flexão estática, em N/mm²;

F_{RUP} = força de ruptura, em Newton;

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

e = espessura do corpo-de-prova, em mm;

b = largura do corpo-de-prova, em mm.

4.4 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA DUREZA JANKA

Para realizar o ensaio de determinação da dureza pelo método de Janka, os corpos-de-prova foram retirados dos painéis de OSB FORM de 17mm e OSB FORM Plastificado de 17 mm, com as seguintes dimensões, (150 ± 2) mm de comprimento, e (75 ± 2) mm de largura, dimensões obtidas através do plano de corte pela norma da ASTM D-1037-06A.

Antes de serem ensaiados os corpos-de-prova, aguardou-se 72 horas a partir da produção, período necessário para que os painéis se estabilizem.

Posteriormente, os corpos-de-provas foram condicionados até obter-se massa constante, sob umidade relativa de (65 ± 5) % e temperatura de $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$, assim considerada, quando o resultado de duas pesagens sucessivas, realizadas com um intervalo de 24 horas, não diferiu mais de 0,1% em relação ao peso inicial do corpo-de-prova.

Em seguida foi preparada a máquina de ensaio e acoplado o conjunto de acessórios para ensaio de dureza pelo método Janka na máquina universal de ensaios, regulada para que a mesma tenha uma velocidade de compressão de 6 mm/min, figura nº4-7.

O ensaio consistiu em verificar a força máxima para realizar duas penetrações em cada superfície da amostra até que a esfera de 11,3 mm de diâmetro, do equipamento *Janka Ball*, figura nº4-8 penetrasse a metade de seu diâmetro, ou seja 5,65 mm. Estas penetrações devem ocorrer a uma distância de 25 mm das bordas dos corpos-de-prova.



Figura 4-7 - Acoplagem do equipamento Janka na máquina universal.

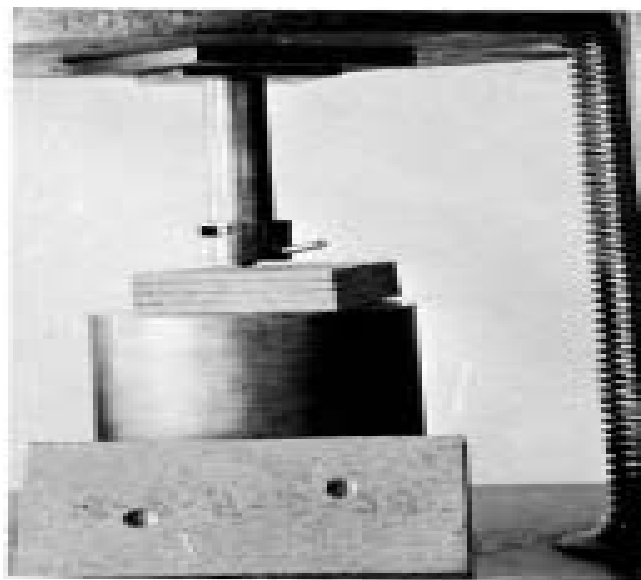


Figura 4-8 - Janka Ball Test Apparatus for Hardness of Panels

Figura 4-8 – Aparato para Dureza Janka em painéis.(Fonte ASTM D-1037-06 A).

4.5 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO

Para realizar o ensaio de determinação da resistência ao impacto, os corpos-de-prova foram retirados dos painéis de OSB Form de 17 mm e OSB Form Plastificado de 17 mm, com seguintes as dimensões: (300 ± 2) mm de comprimento, e (20 ± 2) mm de largura, dimensões obtidas de acordo com a norma ABNT-7190/1997.

Então é realizado o ensaio de resistência ao impacto à flexão, e para isso deve-se utilizar uma máquina de pêndulo com capacidade de três a cinco vezes maior que a energia necessária à ruptura dos corpos-de-prova por flexão.

Este ensaio deverá ser feito para o impacto à flexão nas direções radial e tangencial dos painéis.

O corpo-de-prova utilizado no ensaio, quando posicionado na máquina, deve ser apoiado sobre dois apoios cilíndricos de 15 mm de raio, com (24 ± 1) mm de distância entre os seus eixos.

Para a caracterização, devem ser utilizadas 10 amostras, quantidade definida estatisticamente, com precisão de 1%, e os resultados da propriedade de resistência ao impacto na flexão devem ser apresentados com seu valor característico.

4.6 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO À COMPRESSÃO

Para realizar o ensaio de determinação do cisalhamento à compressão, os corpos-de-prova devem ser retirados dos painéis de OSB Form de 17 mm e OSB Form Plastificado de 17mm, conforme previsto na norma ASTM D-1037-06A.

Antes de iniciar este ensaio, foi necessário acoplar o equipamento na máquina de teste, conforme figura N°4-9, estabelecido pela ASTM D-1037-06A.

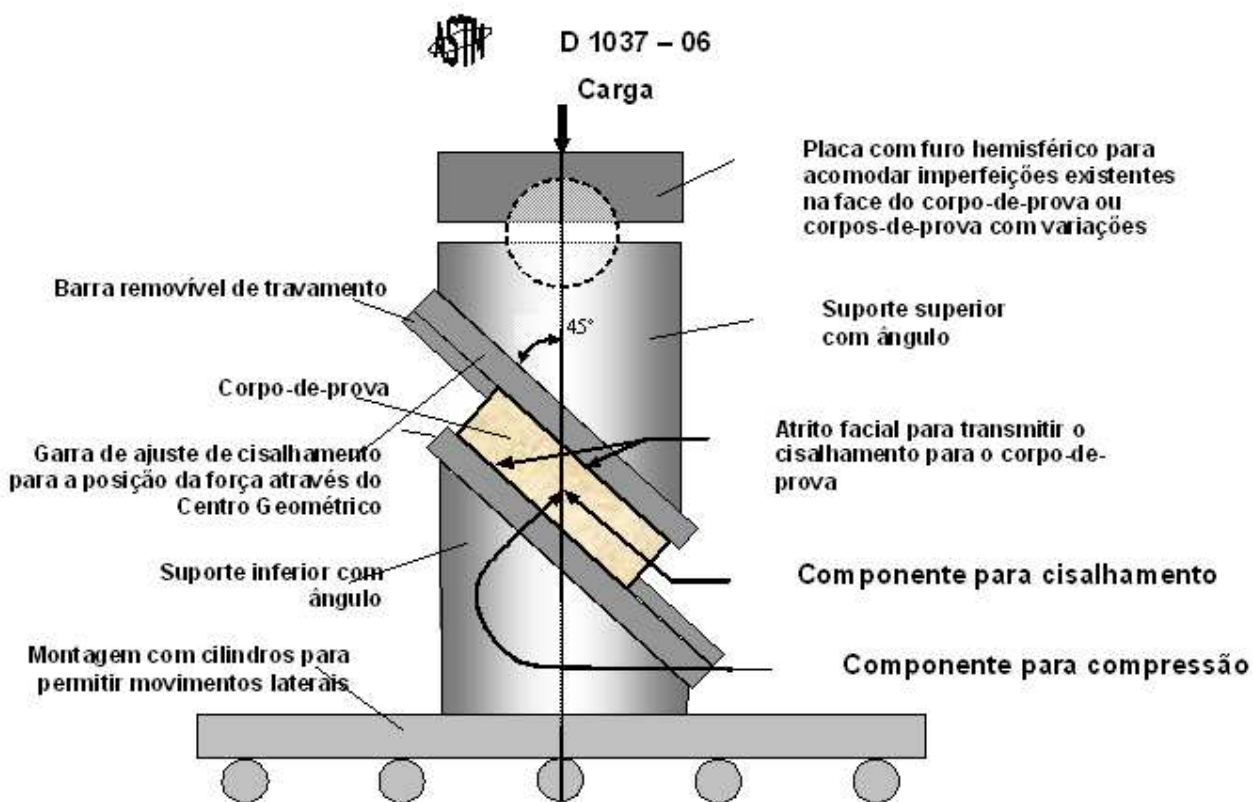


Figura 4-9- Equipamento para ensaio de cisalhamento à compressão. (Fonte ASTM D-1037-06A).

Este método de ensaio à compressão, expõe a qualidade das ligações das partículas que compõe o painel, o empacotamento das partículas usadas na fabricação, além de verificar a carga máxima aplicada que o painel pode resistir. Através deste teste de cisalhamento por compressão, pode-se verificar a qualidade da ligação, de acordo com o local da fissura nos painéis compostos de partículas de diferentes geometria e de orientações diversificadas, como por exemplo o OSB .

Quando este método foi aplicado em painéis de OSB, deve-se ter-se o cuidado para que as camadas que compõe o painel, ficassem alinhadas em 45° com a carga que será aplicada. A força máxima aplicada no desenvolvimento desse teste foi de 22000 N, por durante (4 ± 2) segundos. Com o auxílio de um esquadro de $45/90^\circ$ determinou-se o centro do corpo-de-prova nas duas faces, de modo que as diagonais marcadas encontrassem o centro da face do corpo-de-prova a ser utilizado no ensaio.



Figura 4-10– Verificação da força máxima de compressão.

Então foi aplicada a força, e calculados os resultados através da equação:

$$AI = \frac{F_{RUP}}{\sqrt{2} a b} \quad (11)$$

onde:

AI = Aderência interna;

F_{RUP} = carga de ruptura, em Newton;

a = comprimento do corpo-de-prova, em mm;

b = largura do corpo-de-prova, em mm;

Os resultados foram comparados com os obtidos para tração perpendicular, e, por meio Análise de Variância (Anova), foram comparados com a aderência interna e as ligações internas, (qualidade da cola das partículas) .



Figura 4-11 – Sistema para ensaio a compressão.

4.7 ENSAIO DE TRAÇÃO PARALELA ÀS FACES

Para realizar o ensaio de tração paralelas às fibras, os corpos-de-prova foram retirados dos painéis de OSB Form de 17 mm e OSB Form Plastificado de 17mm, com as seguintes dimensões: (450 ± 1) mm de comprimento, (50 ± 1) mm de largura, pela espessura do painel. Posteriormente, rebaixou-se o trecho central, numa extensão de 250 mm, figura nº4-12, conforme previsto na norma ASTM D-3500-90.

Em seguida foram medidas as dimensões da seção transversal dos corpos-de-prova, com precisão de 0,1 mm; posicionados entre as garra da máquina universal de ensaio. Então foram colocados os extensômetros de precisão 0,001 mm em cada face do corpo-de-prova, figura nº4-13. Será com velocidade constante de 0,9 mm/mim, de acordo com a ASTM D-3500-90, para acomodar os corpo-de-prova, com carga de 10% da carga de ruptura, previamente verificada com corpos-de-prova chamados de

“testemunhos”.

Feito isto, iniciou-se o ensaio, realizando leitura de alongamento, através de extensômetros. A 60% da carga prevista para ruptura, os extensômetros foram retirados, e, então, o corpo-de-prova foi levado até a ruptura .

A força máxima atingida para romper o corpo-de-prova, em newtons, foi obtida utilizando-se a equação (12) :

$$F = \frac{f}{A} = \frac{f}{b \times e} \quad (12)$$

onde :

F = resistência à tração paralela, em mega pascal, (MPa);

f = força de ruptura, em Newtons;

A = área da seção, em milímetros quadrados;

b = largura da amostra, em milímetros;

e = espessura da amostra, em milímetros.

A área da seção transversal, será adotada pela média entre as áreas das seções transversais dos corpos-de-prova.

A seguir, esta operação foi repetida no mínimo dez vezes; e, através de regressão linear entre os alongamentos médios e os respectivos valores de carga, chegamos à equação da reta, correlacionando alongamento e força normal.

Os resultados foram ser expressos em Mpa, com exatidão de 0,01 MPa, através de análise das médias dos corpos-de-prova.

O módulo de elasticidade foi então calculado através da análise das médias a partir do coeficiente angular da reta de cada corpo-de-prova.



Figura 4-12 - Corpo-de-prova para tração paralela.



Figura 4-13 - Posicionamento do corpo-de-prova na máquina de ensaio.

4.8 ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR ÀS FACES

O ensaio de adesão ou tração perpendicular às faces, é importante, pois verifica o comportamento de ligação das partículas e adesivo.

Para realizar o ensaio de tração perpendicular às fibras ou adesão interna, os corpos-de-prova foram retirados dos painéis de OSB Form de 17 mm e OSB Form Plastificado de 17mm, com as seguintes dimensões: (50 ± 1) mm de comprimento, (50 ± 1) mm de largura. Posteriormente, foram colados com adesivo epóxi nas faces, e levados à máquina de ensaio, após acondicionamento, figura nº4-14, conforme a norma EN-319/1993.

O corpos-de-provas foram condicionados até obter-se massa constante, sob umidade relativa de $(65\pm 5)\%$ e temperatura de $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$, sendo que a massa foi considerada constante, quando o resultado de duas pesagens sucessivas, realizadas com um intervalo de 24 horas, não diferiu mais de 0,1% em relação ao peso inicial do corpo-de-prova .

Após a colagem e acondicionamento dos corpos-de-prova, os mesmos foram tracionados, até que os corpos-de-prova viessem a romper.

A resistência à tração perpendicular foi calculada através da equação (12):

$$AI = \frac{F_{RUP}}{a \cdot b} \quad (12)$$

onde:

AI = Adesão interna, em N/mm^2 ;

F_{RUP} = força de ruptura , em Newton;

a = comprimento do corpo de prova, em mm;

b = largura do corpo de prova, em mm.



Figura 4-14 - Corpo-de-prova para tração perpendicular às fibras.

Os resultados foram expressos em Mpa, através de análise das médias dos resultados dos ensaios dos corpos-de-prova.

4.9 ENSAIO DE RESISTÊNCIA E DA RIGIDEZ AO CISALHAMENTO

Para a determinação da resistência e da rigidez ao cisalhamento, os corpos-de-prova e os procedimentos de ensaios seguiram as prescrições do método B da norma ASTM D 2719-94 – *Standard test methods for structural panels in shear through-the-thickness*.

Segundo BODIG & JAYNE (1992) apud DIAS et al (2004), o ensaio de cisalhamento ao longo da espessura foi concebido de modo a submeter o corpo-de-prova a um estado puro de tensões de cisalhamento no plano do painel. O dispositivo de ensaio transforma as forças de tração aplicadas às extremidades, em esforços cisalhantes ao longo das arestas do painel, figura nº4-15. A deformação foi obtida, posicionando um transdutor de deslocamento, em ambas as faces, coincidentes com a direção de atuação das forças de tração. Estes dados podem ser usados tanto para a determinação da deformação de cisalhamento do painel, quanto do coeficiente de Poisson.

A resistência ao cisalhamento de obtida através da expressão (13):

$$\tau = 0,707 \cdot \left(\frac{P}{l.e} \right) \quad (13)$$

onde:

τ = é a resistência ao cisalhamento (N/m²).

P = é a força máxima aplicada (N).

l = é o comprimento de cisalhamento de uma das arestas do corpo-de-prova em (m).

e = é a espessura do corpo-de-prova (m).

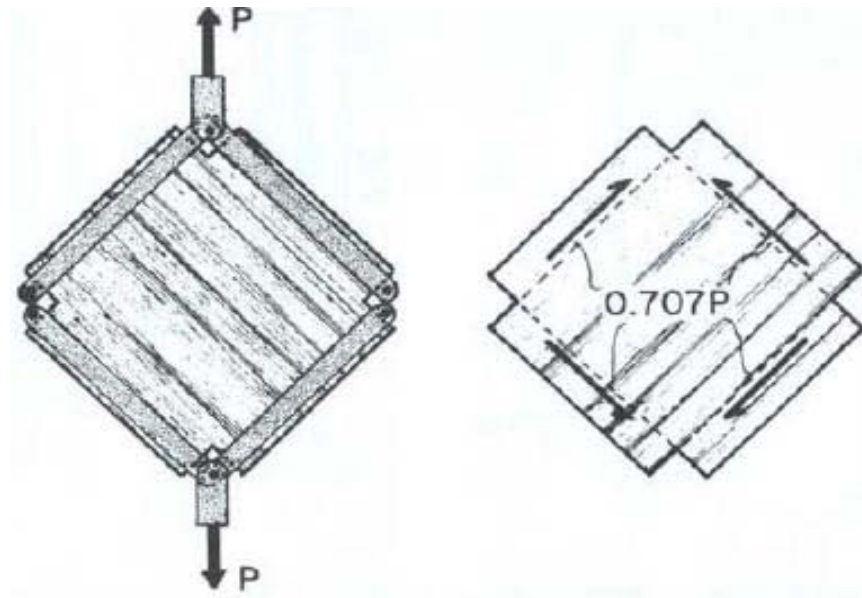


Figura 4-15 – Esquema do ensaio de cisalhamento (Fonte: DIAS et al,2004).

O módulo de elasticidade ao cisalhamento, também chamado de módulo de rigidez, foi obtido através da relação tensão-deformação ao cisalhamento. A norma ASTM D 2719-94 estabelece a equação para o procedimento de cálculo do módulo de elasticidade ao cisalhamento (G), que é obtido através da expressão (14):

$$G = 0,3536 \cdot \frac{P}{\Delta} \cdot \frac{L_1}{L \cdot t} \quad (14)$$

G = é o módulo de elasticidade transversal, em MPa;

$\frac{P}{\Delta}$ = é o coeficiente angular da curva carga x deformação, em N/mm;

L_1 = é o comprimento da medida do deslocamento, em mm;

L = é o comprimento de cisalhamento das arestas do corpo-de-prova, em mm;

t = é a espessura do corpo-de-prova, em mm.



Figura 4-16 – Posicionamento dos transdutor de deslocamento.

Segundo BODIG & JAYNE (1992) apud DIAS et al (2004), este método constitui-se num dos poucos métodos diretos de determinação do módulo de elasticidade ao cisalhamento, tornando-se uma opção promissora, devido a um intrincado dispositivo de ensaio, tem sido pouco empregado, além do que este método requerem corpos-de-prova de grande dimensões.

5. PROGRAMA EXPERIMENTAL E RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo, serão mostrados os resultados obtidos através da experimentação efetuada visando a análise das propriedades físicas e mecânicas escolhidas. Assim sendo, a seguir se encontram os resultados para:

- densidade
- módulo de elasticidade na flexão
- módulo de ruptura na flexão
- dureza janka
- cisalhamento à compressão
- tração paralelas às fibras
- tração perpendicular às faces
- módulo de rigidez através do teste de cisalhamento de painel

5.1. DENSIDADE

Devido a não existir documento normativo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para OSB, adotou-se a Norma da Comunidade Européia EN – 300 / 2000 para a determinação da densidade. Também se verificou o valores estabelecidos para densidade de painéis do tipo OSB em condições de umidade elevada conforme valores estabelecido pela EN- 12369/2001.

Os dados da densidade foram obtidos a partir de cinco painéis de OSB Form e cinco painéis de OSB Form plastificados, em um total, portanto dez painéis. Os cinco painéis de cada grupo foram denominados por 1P,2P,3P,4P e 5p, de onde foram retiradas cinco amostra de cada um deles.

Nessas amostras, mediu-se a espessura, largura e comprimento, e obteve-se sua massa. Esses dados estão fornecidos pelas tabelas A1 a A10 do Anexo.

Após todos os dados de densidade dos painéis, terem sido calculados, foram agrupados na tabela 5-1

Tabela 5-1- Densidade dos Painéis OSB Form e OSB Form Plastificado

	OSB Form	OSB Plastificado
1P	0,665	0,622
	0,611	0,790
	0,669	0,693
	0,641	0,640
	0,691	0,642
2P	0,675	0,650
	0,703	0,639
	0,662	0,667
	0,783	0,639
	0,652	0,656
3P	0,627	0,596
	0,684	0,616
	0,697	0,631
	0,691	0,622
	0,691	0,692
4P	0,654	0,679
	0,739	0,648
	0,676	0,684
	0,675	0,630
	0,672	0,655
5P	0,712	0,633
	0,679	0,6156
	0,684	0,706
	0,675	0,704
	0,653	0,658

5.2. MÓDULO DE ELASTICIDADE NA FLEXÃO (MOE)

Os ensaios para determinação do módulo de elasticidade, foram realizados com base na determinação da norma europeia EN-310-1993, figura nº5-1, figura nº5-2, com método similar ao proposto pela norma canadense CSA-0437.1.93. Os resultados dos ensaios estão na tabela nº5.2.

Tabela 5-2 – Resultados dos Módulos de Elasticidade (MOE), em N/mm²

Corpo de prova	OSB Form	OSB Plastificado
CP-01	9026,383	5829,378
CP-02	4992,231	5903,318
CP-03	5955,497	3946,529
CP-04	5772,714	5209,672
CP-05	5170,419	5702,723
CP-06	6257,772	5979,152
CP-07	5471,762	6030,019
CP-08	5602,045	6092,112
CP-09	5148,773	4997,311
CP-10	5714,668	5665,517
CP-11	5952,803	6112,016
CP-12	5701,217	5697,757

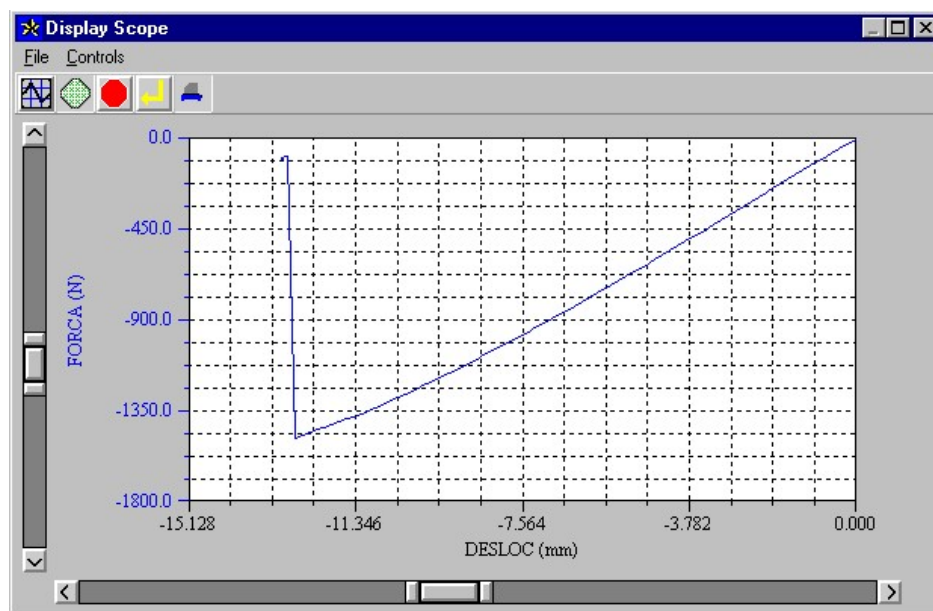


Figura 5-1 - Gráfico para determinar o incremento a 10% e 40%.



Figura 5-2 – Execução do ensaio para determinação do módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR).

5.3. MÓDULO DE RUPTURA (MOR) NA FLEXÃO

Iremos agora expor os valores para o módulo de ruptura, para posterior análise estatística e comparação com os módulos elencados nas tabelas das normas da CSA-0437.1.93 e da EN.-310-1993.

Com base na determinação da norma europeia EN-310-1993, método similar proposto pela norma canadense CSA-0437.1.93, os resultados dos ensaios para determinar o módulo de ruptura estão postulados na tabela 5.3.

Tabela 5-3 – Módulo de ruptura em N/mm²

Corpo-de-prova	OSB Form	OSB Plastificado
CP-01	42,591	35,179
CP-02	28,618	37,504
CP-03	39,355	31,887
CP-04	30,742	31,439
CP-05	29,744	36,248
CP-06	41,121	39,908
CP-07	29,713	34,431
CP-08	34,073	35,046
CP-09	26,356	27,396
CP-10	39,213	30,761
CP-11	38,738	35,922
CP-12	40,233	36,936

5.4 DETERMINAÇÃO DA DUREZA JANKA

Este ensaio foi realizado com o objetivo de determinar a carga máxima a ser aplicada para penetrar uma esfera de 11,3 mm até a metade, ou seja, seu raio.

Este ensaio, que a princípio se apresentava de fácil realização, trouxe diversos inconvenientes, pois não havia o equipamento *janka ball* no laboratório da UNICAMP. Então, com base na ASTM D 1037-06A, desenvolveu-se um equipamento, o qual foi acoplado na máquina de ensaio do fabricante Versa Test, porém havia uma preocupação com a fixação da esfera, pois, de acordo com os técnico do laboratório, essa esfera poderia causar um grave acidente. Então, resolveu-se através de soldar de arco elétrico tipo mig, soldar a esfera, e a solução encontrada foi usar uma porca como auxílio, figura n°5-3. Posteriormente, foi feita uma rosca interna para acoplar na máquina de ensaio do fabricante da Versa Test, figura n°5-4. Resolvidos os incômodos, iniciou-se os ensaios, utilizando-se velocidade de 6mm/min.

Os resultados estão expressos na tabela 5-4.

Tabela 5-4 – Dureza janka.

Corpo-de-prova	OSB Form	OSB Plastificado
CP-01	3160,000	3262,500
CP-02	4131,250	3212,500
CP-03	3400,000	4006,250
CP-04	2812,500	3037,500
CP-05	4381,250	3375,000
CP-06	4125,000	3562,500
CP-07	3562,500	3118,750
CP-08	3950,000	3218,750
CP-09	3193,750	3600,000
CP-10	4118,750	3987,500



Figura 5-3 - Soldagem da esfera .



Figura 5-4 - Acoplagem a máquina da Versa Test.

5.5 CISALHAMENTO À COMPRESSÃO

A importância desse ensaio é o de poder-se avaliar a aderência entre as partículas que compõe o painel, possibilitando conhecer a qualidade dos painéis produzidos, compostos de camadas. Esta qualidade é verificada principalmente no local do corte, em relação à espessura do painel.

Para que fosse possível realizar este ensaio, foi desenvolvido no Laboratório de Estruturas e Materiais da FEC o sistema de aplicação de carga conforme prescrições da ASTM D 1037-06 A , e acoplado à máquina de ensaio da Versa Test, figura nº5-5.



Figura 5-5- Acoplagem do sistema desenvolvido no equipamento VERSA TEST.

Depois de verificado a eficácia do sistema desenvolvido, figura nº5-6, iniciou-se os ensaios, para determinação da resistência, através do cisalhamento na linha de corte esperada.

Os ensaios realizados foram somente nos corpos-de-prova oriundos de painéis de OSB Form de 17 mm, sendo que os dos painéis de OSB Form Plastificado, não foram realizados, tendo em vista que o nosso objetivo é a comparação da aderência interna. Porém, no preparo dos corpos-de-provas oriundo painéis de OSB plastificado, estamos tendo problemas com a cola utilizada, pois os corpos estão rompendo na mesma. Assim até o momento, não realizamos os ensaios utilizando estes tipos de corpos-de-prova.



Figura 5-6- Verificação do sistema acoplado para determinação do cisalhamento à compressão.

Na tabela nº5.5, estão os resultados obtidos dos ensaios dos corpos-de-prova de painéis de OSB Form,

Tabela 5-5 – Tensão de cisalhamento à compressão.

Corpo-de-prova	OSB Form (N/mm ²)
CP-1	20,7510376
CP-2	26,2364536
CP-3	25,8559681
CP-4	25,100604
CP-5	26,4620542
CP-6	24,8140487
CP-7	25,9495105
CP-8	26,5664763
CP-9	24,6545253
CP-10	22,4854876
CP-11	25,8640998
CP-12	27,0618696
CP-13	26,7595451
CP-14	23,3037237
CP-15	20,5222582
CP-16	20,3014618
CP-17	23,7505475
CP-18	22,5627741
CP-19	27,1216772
CP-20	27,5428349

5.6 TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Neste ensaio, os corpos-de-prova inicialmente foram moldados com base nas prescrições da norma da NBR-7190 / 97. Durante a elaboração destes corpos, houve problemas com a máquina tupia, pois ocorreu desgaste excessivo da lâmina de corte e a mesma danificava os corpos, figura nº5-7. Então, primeiramente acoplou-se um prolongamento de madeira e fixou-se limitadores, figura nº5-8. Ainda permanecendo o problema, substituiu-se as lâminas de corte por fresa de corte, figura nº5-9.



Figura 5-7 -Desgastes do eixo e do corpo-de-prova.

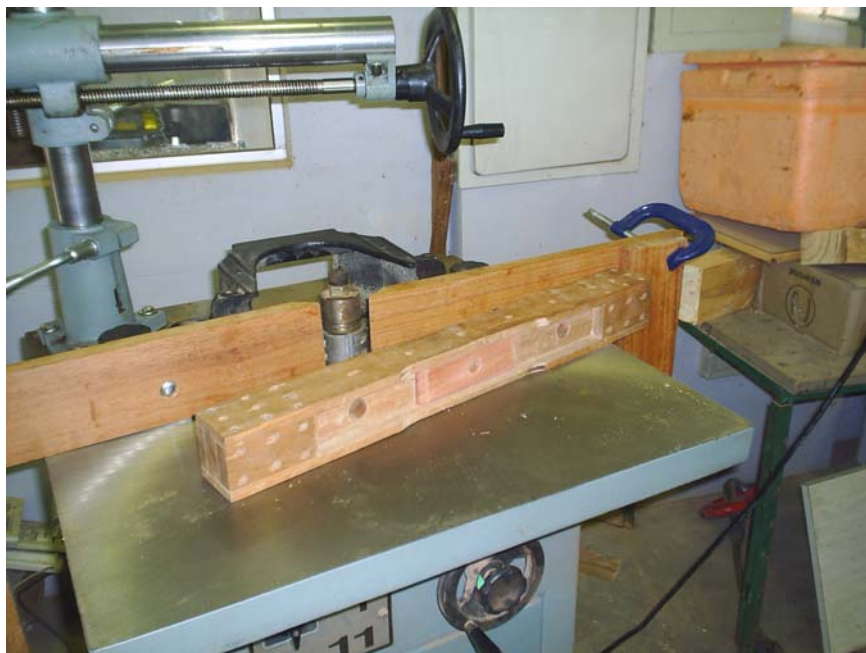


Figura 5-8 - Inserção de limitadores.



Figura 5-9 - Fresa de corte, utilizada para fazer os corpos-de-prova.

Problema solucionado, confeccionou-se os corpos-de-prova, conforme estabelecido na da norma da NBR 7190/97. Para a utilização deste modelo de corpo-de-prova, retirou-se as camadas faces dos painéis, figura nº5-10, restando a camada miolo, com a qual se realizaram os ensaios.



Figura 5-10 – Corpos-de-prova moldado conforme NBR 7190/97.

Posteriormente, novos corpos-de-prova foram moldados, conforme determinação da ASTM D-3500-90, figura nº5-11, onde um novo suporte de corte foi elaborado para que fosse possível sua confecção.

Quando se pensou em iniciar o experimento, na máquina de ensaio universal , os primeiros corpos-de-prova, ensaiados como testemunho, não atingiram o valor de 10% da carga mínima da máquina de ensaio. Então, os técnicos do Laboratório de Estruturas e Materiais da FEC entraram em contato com outro laboratório da Unicamp, da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), onde foi possível realizar-se os ensaios numa máquina da MTS, Figura nº5-12.

Primeiramente ensaiaram-se os corpos-de-prova moldados conforme as prescrições da NBR-7190/97, tendo em vista a baixa carga de ruptura, já evidenciada no laboratório da FEC, neste ensaio foi verificada a carga de ruptura à tração paralelas às fibras da camada miolo, que compõe estes tipos de painéis de OSB, como já comentado acima.



Figura 5-11 -Outro modelo de corpo de prova.



Figura 5-12 – Corpos-de-prova de tração na máquina de ensaio.

Posteriormente, realizaram-se os ensaios nos corpos-de-prova moldados conforme a norma da ASTM D-3500-90; os ensaios foram executados com uma velocidade de 0,9 mm/min. Na figura nº5-13 e nº5-14, pode-se observar o corpo-de-prova rompido.

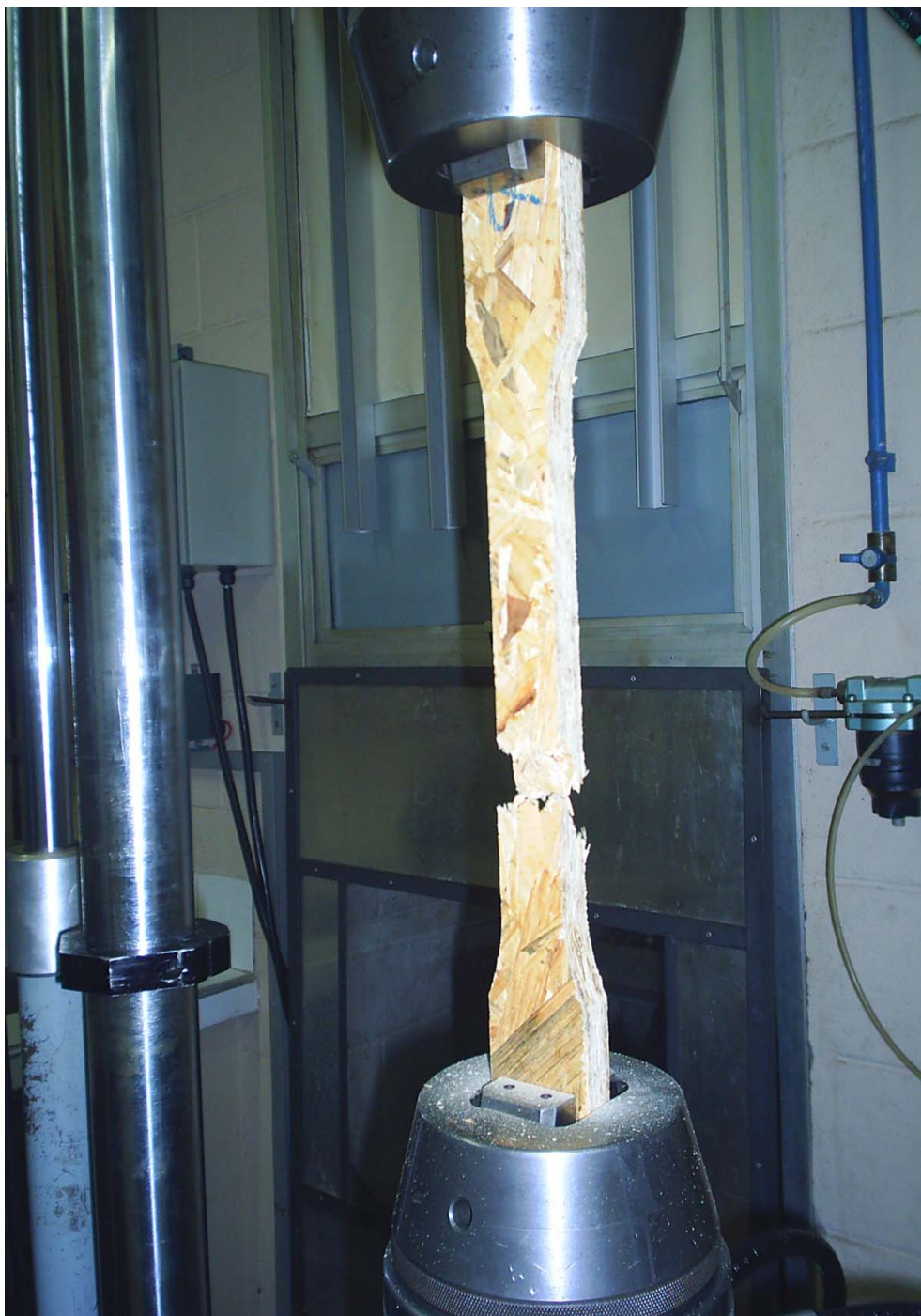


Figura 5-13 – Corpo-de-prova de tração, após ruptura .



Figura 5-14 –Corpo-de-prova rompido.

Resolveu-se, também outro problema com esta máquina de ensaio da MTS, que eram os escorregamentos dos corpos-de-prova dos painéis de OSB Form Plastificado de 17mm na garra; e ainda foi possível controlar a pressão nas garras, eliminando-se, assim, o escorvamento de acomodação do material na máquina de ensaio.

Assim na tabela nº5.6 expõe-se os valores obtidos de resistência de tração dos corpos-de-prova moldados conforme ASTM D-3500-90.

Tabela 5-6 – Resistência à tração paralela às faces.

Corpo-de-prova	OSB Form	OSB Plastificado
CP-01	14,343	15,249
CP-02	17,442	13,275
CP-03	17,530	11,816
CP-04	14,183	13,995
CP-05	18,457	15,320
CP-06	15,263	12,662
CP-07	13,738	13,600
CP-08	13,080	11,362
CP-09	17,797	14,108
CP-10	18,553	15,383
CP-11	17,262	13,809
CP-12	19,402	11,577

5.7 TRAÇÃO PERPENDICULARAS ÀS FACES

Devido a não haver ainda documentos normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para OSB, adotou-se a Norma da ASTM D- 1037-06 A para a determinação da tração perpendicular às fibras, bem como a norma EN-319/1993. Posteriormente, porém, foram também verificados os valores estabelecidos para estes painéis do tipo OSB em condições de umidade elevada, conforme os valores estabelecidos pela EN- 12369/2001.

Objetivando a realização desse ensaio de tração perpendicular às fibras, desenvolveu-se um sistema para que fosse possível acoplar a máquina de ensaio da Dina Teste disponível no Laboratório, figura nº5-15. Nos apoios implantamos borrachas para alívio da tensão, pois, no início, os corpos-de-prova rompiam na cola.



Figura 5-15 - Acoplagem à máquina de ensaio para ensaio de tração perpendicular às fibras.

A adesão interna foi verificada através desse tipo de ensaio, e ficou evidenciado a importância do mesmo, onde as ligações das partículas são de relevante importância, figura nº 5-16.



Figura 5-16– Corpo-de-prova rompido à tração perpendicular às fibras.

Fica evidente na figura nº5-16, após o ensaio, a influência da ligação das partículas na resistência à tração perpendicular às faces do painel.

A tabela nº5.7 mostra os resultados para tração dos painéis de OSB Form de 17 mm para verificar a qualidade de adesão interna das partículas desses painéis.

Tabela 5-7 – Tração perpendicular às fibras.

Corpo-de-prova	OSB Form
CP1	0,7996633
CP2	0,8262585
CP3	0,7110829
CP4	0,5833333
CP5	0,6719640
CP7	0,4219409
CP8	0,6102694
CP9	0,7140457
CP10	0,6721446
CP11	0,5867807
CP12	0,6565126
CP13	0,7184819
CP14	0,8472709
CP15	0,6313131
CP17	0,6665250

5.8- MÓDULO DE RIGIDEZ

5.8.1 – O Experimento

O ensaio para cisalhamento de painéis é esquematizado de tal forma a um estado puro de cortante. O aparato utilizado transforma a força de tração, produzida por uma máquina de ensaio, em força de cisalhamento aplicadas paralelamente às faces do corpo-de-prova do painel, Fig. 5-17. A deformação é medida usando-se extensômetro localizado na diagonal do corpo-de-prova, que é coincidente com alinha de ação da força de tração aplicada. Através de transformações matemáticas apropriadas (que serão vistas adiante), essa deformação pode ser usada para determinar a deformação devida à cortante, do painel.

O Módulo de rigidez do painel é, então, obtido a partir da relação tensão-deformação. O ensaio acima descrito visa painéis de compensado. Objetivando a realização desse ensaio para painéis de OSB, de acordo com o método B, da norma ASTM D 2719-94, desenvolveu-se um sistema para que fosse possível sua realização, figura nº5-17.

As extremidades do corpo-de-prova foram enrijecidas através de madeiras maciças coladas, em ambos os lados do corpo-de-prova, figura nº5-18, necessária para receber a aplicação do carregamento, para alívio de tensão de esmagamento, figura nº5-19.

No ensaio efetuado a deformação registrada utilizando-se um transdutor de deslocamento, foi muito inferior à sua sensibilidade. Então, estes transdutores foram substituídos por strain-gages, figura nº5-20.



Figura 5-17- Desenvolvimento do sistema para ensaio.

Os ensaios foram realizados apenas com painéis de OSB Form.

Como este ensaio requer reforço na espessura das laterais para que não ocorram esmagamentos locais, esse engrossamento é obtido através da colagem de tiras de madeira ao longo de todo o comprimento lateral do corpo-de-prova, de ambos os lados.

No caso dos painéis de OSB Form plastificado, existe uma película de recobrimento para que a água do concreto não seja absorvida pelo painel da fôrma. Mas é exatamente essa película que impede a penetração da cola no caso do ensaio em estudo. Foi pensado na utilização de parafusos ou outros conectores, mas preferiu-se deixar essa decisão para outra pesquisa a ser realizada no futuro.



Figura 5-18- enrijecimento das bordas .



Figura 5-19- Esmagamento ocorrido nas bordas



Figura 5-20 - Strain gages para aquisição da deformação.



Figura 5-21 - Corpo-de-prova rompido.

5.8.2 – Análise matemática

Desenvolveu-se uma análise para deduzir-se a expressão matemática para ser utilizada com os dados coletados no ensaio.

Na figura 5.22, observa-se a esquematização do painel ensaiado, antes (preto) e após (verde) a deformação a ocorrer.

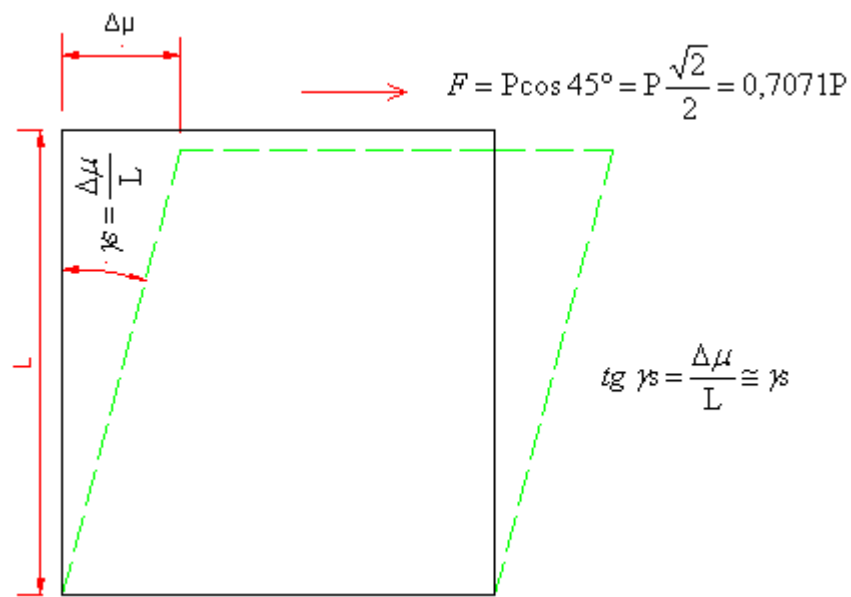


Figura 5-22 – Esquema da deformação do painel ensaiado

O cisalhamento puro pode ser melhor observado através do círculo de Mohr, para estado plano de tensões mostrado na Fig. 5.23.

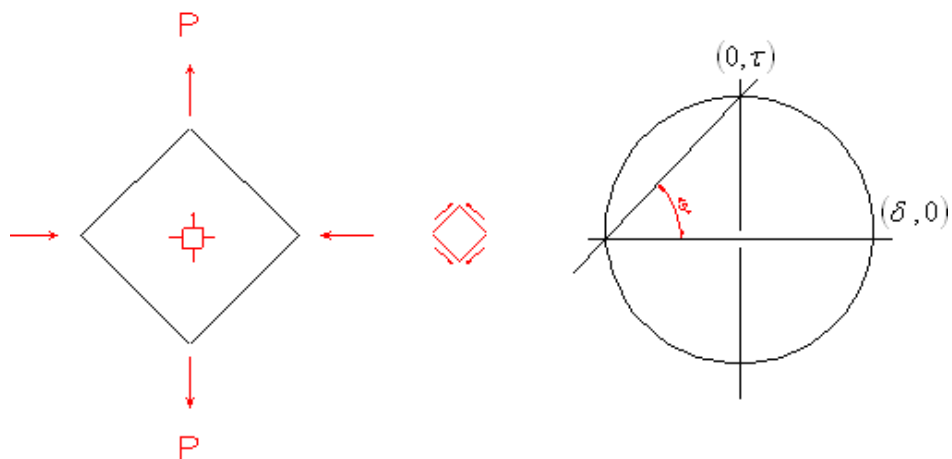


Figura 5-23 – Círculo de Mohr para estado plano de tensões, para cisalhamento puro

A tangente se confunde com o arco quando este é muito pequeno.

$$\gamma_s = \frac{\Delta\mu}{L} \quad (15)$$

A tensão de cisalhamento τ pode ser obtida pela expressão (16).

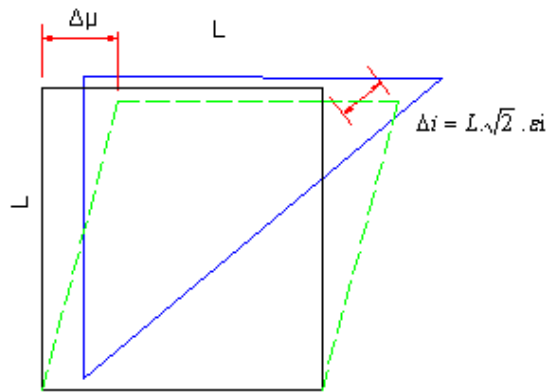
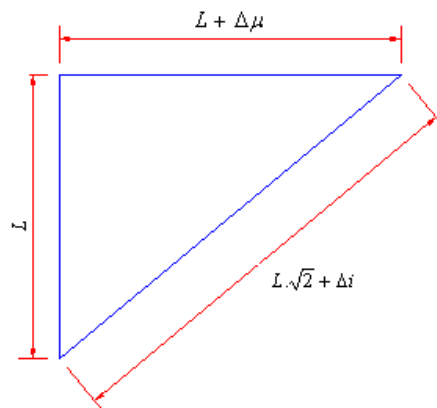
$$\tau = \frac{\text{força}}{\text{Área}} = \frac{0,7071 P}{L \cdot t} \quad (16)$$

O módulo de cisalhamento de um material, também referenciado como módulo de rigidez, ou módulo de torção, será dado por:

$$G = \frac{\tau}{\gamma_s} \quad (17)$$

Usando (15) e (16) em (17).

$$G = \frac{0,7071 P}{L \cdot t \cdot \frac{\Delta\mu}{L}} = \frac{0,7071 P}{t \cdot \Delta\mu} \quad (18)$$

Figura 5-24 – Deformação ϵ_i medida no ensaio

Medir $\Delta i = L\sqrt{2} \cdot \epsilon_i$.

Aplicando Pitágoras na figura 5.24, obtém-se;

$$(L + \Delta\mu)^2 + L^2 = (L\sqrt{2} + \Delta i)^2$$

$$(L + \Delta\mu)^2 = (L\sqrt{2} + \Delta i)^2 - L^2$$

$$L + \Delta\mu = \sqrt{(L\sqrt{2} + \Delta i)^2 - L^2}$$

$$\Delta\mu = \sqrt{(L\sqrt{2} + \Delta i)^2 - L^2} - L \quad (19)$$

Considerando que foi medido ε_i na direção diagonal do painel, mostrada na figura 5.24, pode-se obter Δi através da equação (20); fig.5.25.

$$\Delta i = L \cdot \sqrt{2} \cdot \varepsilon_i \quad (20)$$

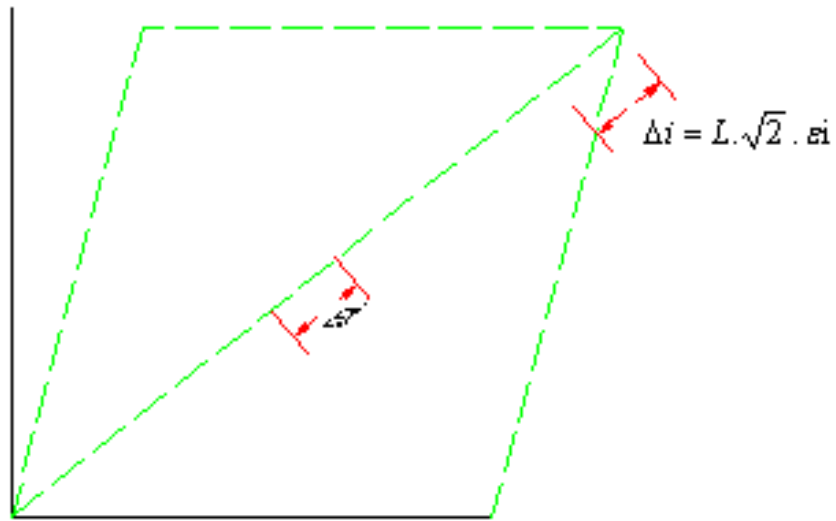


Figura 5-25 – Obtenção de Δi

Voltando à expressão (16)

$$\Delta\mu = \sqrt{(L\sqrt{2} + L\sqrt{2} \cdot \varepsilon i)^2 - L^2} - L$$

$$\Delta\mu = \sqrt{[(L\sqrt{2}) \cdot (1 + \varepsilon i)]^2 - L^2} - L$$

$$\Delta\mu = \sqrt{(L\sqrt{2})^2 \cdot (1 + \varepsilon i)^2 - L^2} - L$$

$$\Delta\mu = \sqrt{2L^2 \cdot (1 + \varepsilon i)^2 - L^2} - L$$

$$\Delta\mu = \sqrt{L^2 \cdot [2 \cdot (1 + \varepsilon i)^2 - 1]} - L$$

$$\Delta\mu = L \cdot \sqrt{2 \cdot (1 + \varepsilon i)^2 - 1} - L$$

$$\Delta\mu = L \cdot \left(\sqrt{2 \cdot (1 + \varepsilon i)^2 - 1} - 1 \right) \quad (21)$$

Colocando (21) na expressão (18), tem-se :

$$G = 0,7071 \cdot \frac{P}{t \cdot L \cdot \left(\sqrt{2 \cdot (1 + \varepsilon i)^2 - 1} - 1 \right)} \quad (22)$$

Assim, o Módulo de Rigidez foi obtido com o uso da expressão (22).

5.8.3 – Resultados calculados para G

A tabela nº 5.8 mostra os resultados para o Módulo de Rigidez dos painéis de OSB Form de 17 mm para verificar a resistência à torção desses painéis.

Tabela 5-8 – Resumo dos dados do Módulo de Rigidez.

Módulo de Rigidez	
Corpo-de prova	G
CP1	7500.08
CP2	4317.232
CP3	5182.711
CP4	4862.155
CP5	3509.556
CP6	3824.439
CP7	2455.865
CP8	3626.83
CP9	6775.525
CP10	13658.02
CP11	11739.3
CP12	3807.501

Obs: este não foi executado com painéis OSB Form Plastificado (ver texto).

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão analisados os dados obtidos no programa experimental desenvolvido.

Procurou-se, aqui, verificar os valores das propriedades físicas e mecânicas testadas podem ser consideradas iguais nos dois tipos de painéis ensaiados, OSB Form e OSB Form Plastificado, com espessura de 17mm.

A adaptação de métodos de ensaios existentes para o compensado e o aglomerado, no caso de normas brasileiras, ou do OSB, através de normas estrangeiras que já os tem, servem de colaboração para uma futura norma brasileira para determinação das propriedades do OSB.

Para efeito da análise mostrada a seguir, os dados utilizados são aqueles mostrados no capítulo 5, através das várias tabelas, conforme a propriedade do OSB analisada.

6.1 – DADOS SOBRE O OSB NAS NORMAS ESTRANGEIRAS

No anexo B, encontram-se os valores que constam da norma do *EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION*- European Standard EN 300/2002, para o Módulo de Elasticidade (MOE), Módulo de Ruptura (MOR), Adesão interna, e Inchamento em espessura (após 24hs). [Tabela B.1 ,e B.2].

A mesma norma trás os dados de propriedades físicas e mecânicas de painéis para fins estruturais e estruturas especiais, mostrados nas tabelas B.3 e B.4, respectivamente.

A norma Canadense *CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION* de 1993, “*OSB and waferboard – CSA 0437-93*” traz algumas propriedades físicas e mecânicas do OSB, e que são mostradas na tabela B.5, do anexo B.

6.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA UTILIZADA

6.2.1 – DIFERENÇA ENTRE TRATAMENTOS (MÉDIAS) PARA AMOSTRA PEQUENAS ($N < 32$)

Quando o objetivo é verificar se é possível considerar-se iguais, estatisticamente falando, os valores de alguma propriedade dos dois tipos de OSB estudados, Form e Form Plastificado, efetua-se a análise da diferença entre tratamentos (médias), para pequenas amostras ($n_1 < 30$ e $n_2 < 30$, sendo n_1 e n_2 os tamanhos das amostra dos dois tipos de OSB).

O estimador utilizado para a variância populacional σ^2 , comum a ambas as amostras, e que será aqui denominado por Sp^2 , é dado por:

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1).S_1^2 + (n_2 - 1).S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (6.1)$$

Onde S_1^2 e S_2^2 são as variâncias amostrais das duas amostras.

O desvio padrão, denominado aqui por Sp , é obtido pela raiz quadrada do valor encontrado em (6.1).

$$Sp = \sqrt{Sp^2} \quad (6.2)$$

No caso particular em que $n_1 = n_2 = n$, a expressão (6.2) se simplifica em :

$$Sp^2 = \frac{S_1^2 + S_2^2}{2} \quad (6.3)$$

Para a análise será utilizado o Test de Hipótese. Uma hipótese estatística é uma afirmação sobre parâmetros de uma população a partir da amostra da população.

Duas hipóteses são construídas :

H_0 : Hipótese de nulidade

H_1 : Hipótese alternativa

O teste de hipótese testa a validade da hipótese nula, contra a hipótese alternativa, tendo em conta um fixado nível de confiança, e a distribuição de probabilidade (Normal, t de *Student*, etc).

No caso em estudo, a hipótese nula será:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

Onde μ_1 e μ_2 são as médias populacionais das duas populações em estudo. Como foram utilizados pequenas amostras, a distribuição t de *Student* melhor se adéqua.

Então :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (6.4)$$

onde $\bar{x}_1$ e $\bar{x}_2$ são as médias amostrais.

Esse valor t deverá ser comparado com o valor t tabelado, conforme o nível de confiança e o graus de liberdade (ϕ) obtidos por :

$$\phi = n_1 + n_2 - 2 \quad (6.5)$$

Aqui também, quando $n_1 = n_2 = n$, as expressões (6.4) e (6.5) se simplificam para :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sp \sqrt{\frac{2}{n}}} \quad (6.6)$$

e

$$\phi = 2.(n-1) \quad (6.7)$$

a hipótese alternativa é :

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad \text{ou} \quad \mu_1 \neq \mu_2 \quad (6.8)$$

significando que não se pode considerar iguais os dois tipos de OSB.

Para esse caso, tem – se um teste bicaudal quando, então, o t calculado será comparado com o t tabelado ($t_{\frac{\alpha}{2}}$) para o correspondente ϕ e o nível de significância α , como mostrado na figura 6.1.

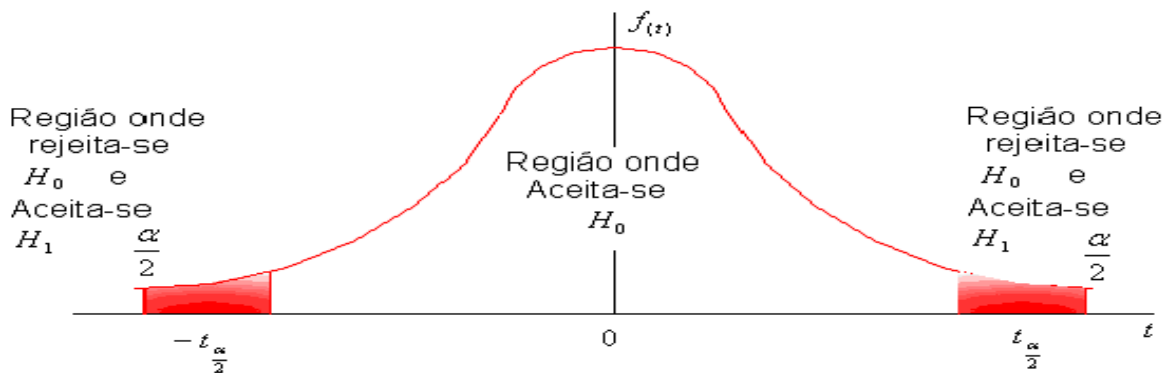


Figura 6-1 – Regiões onde se aceita ou se rejeita H_0

Rejeita-se H_0 caso ocorra (veja figura 6.1):

$$t < -t_{\frac{\alpha}{2}} \quad \text{ou} \quad t > t_{\frac{\alpha}{2}} \quad (6.9)$$

caso contrário, aceita-se H_0 .

6.2.2– COMPARAÇÃO DE MAIS DE DOIS TRATAMENTO.

No caso de comparação de mais de dois tratamentos, lança-se mão da Análise de Variância, organizada no Quadro de Anova, conforme ilustrado na tabela 6.1.

Tabela 6-1 – Quadro de Anova

Fonte de Variabilidade	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Razão ϕ F
Entre Tratamentos	$St = \sum_{t=1}^k .n_t (\bar{x}_t - \bar{x})^2$	$v_t = k - 1$	$s^2_t = \frac{St}{vt}$	$\frac{s^2_t}{s^2_r}$
Dentro Tratamento	$Sr = \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^{n_t} (x_{ti} - \bar{x}_t)^2$	$v_r = N - k$	$s^2_R = \frac{S_R}{v_R}$	
Total em Torno da média	$S_D = \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^{n_t} (x_{ti} - \bar{x})^2$	$v_D = n - 1$	$s^2_D = \frac{S_D}{v_D}$	

onde,

$$S_D = S_T + S_R \quad (6.10)$$

Soma de quadrados total dos desvios da média $\bar{x}$	.	=	Soma de quadrados entre tratamentos	+	Soma de Quadrados dentro de tratamentos resíduos
--	---	---	--	---	--

onde usa-se a distribuição F de Snedecor, e:

k = população amostrada (tratamentos);

n_i = tamanho da amostra de cada população (de cada tratamento);

x_{ii} = cada elemento do tratamento t , na posição i ;

$\bar{x}_t$ = média do tratamento;

$\bar{x}$ = média geral;

N = total de valores ($\sum n_i$);

6.2.3– INTERVALOS DE CONFIANÇA.

Para a construção do intervalo de confiança para pequenas amostras ($n < 32$), usa-se a distribuição t de Student:

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6.11)$$

onde:

$\bar{x}$ = média amostral;

s = desvio padrão amostral;

n = tamanho da amostra;

μ = média populacional;

O valor de $t_{\frac{\alpha}{2}}$ é obtido utilizando-se o nível de significância α , e os graus de liberdade dado por:

$$\phi = n - 1 \quad (6.12)$$

onde:

ϕ = graus de liberdade;

n = tamanho da amostra;

6.3- ANÁLISE DA DENSIDADE

6.3.1– COMPARAÇÃO ENTRE AS DENSIDADES DOS DOIS TIPOS DE PAINÉIS.

Conforme mostrado no item 6.2.1, será utilizado a “diferença entre as médias para pequenas amostra”. Os dados são os da tabela 5.1, que geraram a tabela 6.2 e 6.3.

Tabela 6-2 – Parâmetros estatísticos das densidades

Densidade (g/cm ³)		
PAINEL	OSB Form	OSB Form Plastificado
Média	0,67844	0,65628
Variância	0,001182	0,001626
Desvio Padrão	0,034383	0,40319
Coef. Variação	0,0506	0,614
Tamanho da amostra	25	25

Considerando μ_1 e μ_2 as densidades médias das populações de painéis em estudo, testa-se a hipótese nula $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ contra $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$. Pela expressão (6.3); obtém-se :

$$Sp^2 = 0,001404 \text{ e } Sp = 0,037469$$

o que gera, pela expressão (6.6), o valor de t :

$$t = 2,091$$

Da expressão (6.7), os graus de liberdade serão $\phi = 48$, com confiança de 95% ($\alpha = 5\%$), a tabela t de Student fornece:

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{0,025 ; 48} = 2,011$$

Mesmo muito próximo, tem-se $t > t_{\frac{\alpha}{2}}$, o que levaria à rejeição de H_0 .

Aplicando-se os critérios para eliminação de “outliers”, como os da figuras 6.2 e 6.3, obtidos computacionalmente, são descartados os valores assinalados a seguir.

Tabela 6-3 – Parâmetros estatísticos das densidades

PAINEL	OSB Form	OSB Form Plastificado
1P	0,665	0,622
	0,611	0,790
	0,669	0,693
	0,641	0,640
	0,691	0,642
2P	0,675	0,650
	0,703	0,639
	0,662	0,667
	0,783	0,639
	0,652	0,656
3P	0,627	0,596
	0,684	0,616
	0,697	0,631
	0,691	0,622
	0,691	0,692
4P	0,654	0,679
	0,739	0,648
	0,676	0,684
	0,675	0,630
	0,672	0,655
5P	0,712	0,633
	0,679	0,6156
	0,684	0,706
	0,675	0,704
	0,653	0,658
MÉDIA	0,67800	0,64975
VARIÂNCIA	0,000272	0,000541
DESVIO PADRÃO	0,016499	0,023256
N	20	20

Daí : $Sp^2 = 0,000407$ e $Sp = 0,020162$, $t = 4,4308$, $t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,024$, $\phi = 38$.

Agora , claramente $t > t_{\frac{\alpha}{2}}$.

Conclusão: rejeita-se H_0 , ou seja, as densidades não podem ser consideradas iguais para os painéis de OSB Form e OSB Form Plastificados de 17 mm, ao nível de confiança de 95%.

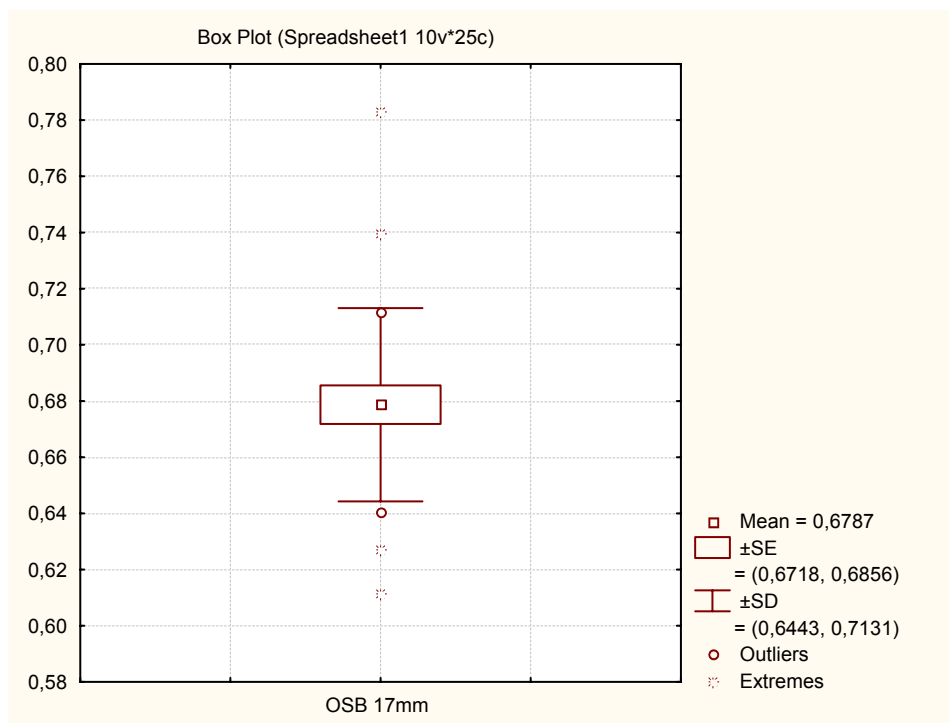


Figura 6.2- Exclusão de pontos do OSB Form.

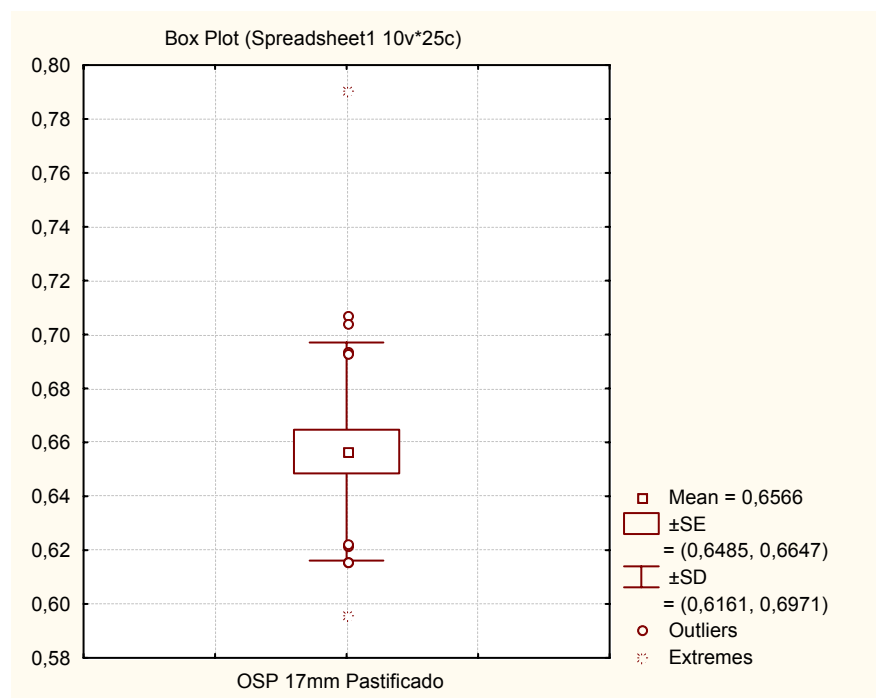


Figura 6.3 – Exclusão de pontos do OSB Form Plastificado.

6.3.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.

Para 95% de confiança e usando a expressão (6.12), obtem-se:

$$\phi = 19 \text{ e } t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,093.$$

a) Painel OSB Form, de 17 mm.

$$\bar{x} = 0,678, S = 0,0165, n = 20$$

$$0,678 - 2,093 \frac{0,0165}{\sqrt{20}} \leq \mu \leq 0,678 + 2,093 \frac{0,0165}{\sqrt{20}}$$

$$0,670 \text{ g/cm}^3 \leq \mu \leq 0,686 \text{ g/cm}^3$$

Ou seja, a média populacional da densidade dos painéis OSB Form é um valor entre 0,670 e 0,696 g/cm^3 , com 95% de confiança.

b) Painel OSB Form Plastificado, de 17mm.

$$\bar{x} = 0,650, S = 0,0233, n = 20$$

que leva a: $0,639 \text{ g/cm}^3 \leq \mu \leq 0,661 \text{ g/cm}^3$, com 95% de confiança.

6.4– ANÁLISE DO MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO.

Devido ao processo de fabricação, considera-se um posicionamento preferencial das fibras ao longo do eixo de produção. Essa direção é denominada longitudinal. Daí : módulo de Elasticidade Longitudinal. Na direção perpendicular: Transversal.

Neste trabalho, as amostras foram retiradas na direção longitudinal, tanto para OSB Form, quanto para o OSB Form Plastificado. Os dados obtidos foram apresentados pela Tabela 5.2, com unidade em N/mm².

6.4.1– COMPARAÇÃO ENTRE OS MÓDULOS DE ELASTICIDADE.

Foram descartados os valores 9026,383 do CP-01 de OSB Form, e 3946,529 do CP-03 de OSB Form Plastificado, por serem considerados “outliers”. Os dados restante geraram a Tabela 6.4.

Tabela 6-4 – Parâmetros estatísticos para o Módulo de Elasticidade Longitudinal na Flexão

Módulo de Elasticidade Longitudinal na Flexão (N/mm ²)		
PAINEL	OSB Form	OSB Form Pastificado
Média	5612,718	5747,18
Variância	150893,5	127933,4
Desvio Padrão	388,4501	357,6778
Coef. Variação	0,069	0,062
Tamanho da Amostra	11	11

Para a comparação entre os dois tipos de painéis, tem-se, ao nível de 95% de confiança ($\alpha = 5\%$), graus de liberdade $\phi = 2.(11-1) = 20$, e usando a expressão (6.6):

$$t = -0,845; \left| t_{\frac{\alpha}{2}} \right| = 2,086$$

Conclusão: Como $-t_{\frac{\alpha}{2}} < t < t_{\frac{\alpha}{2}}$, aceita-se H_0 . Portanto, ao nível de 95%, é possível afirma que os dois tipos de painéis apresentam o mesmo Módulo de Elasticidade Longitudinal.

6.4.2– INTERVALO DE CONFIANÇA PARA O MÓDULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL NA FLEXÃO.

a) painel OSB Form, 17 mm

$5351,75 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 5873,68 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

b) painel OSB Form Plastificado, 17mm

$5506,89 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 5987,47 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

6.5– ANÁLISE DO MÓDULO DE RUPTURA LONGITUDINAL NA FLEXÃO.

Serão utilizados os dados da tabela 5.3, dados em N/mm^2 .

6.5.1– COMPARAÇÃO ENTRE MÓDULOS DOS DOIS TIPOS DE PAINÉIS.

Da tabela 5.3, obtém os dados da tabela 6.5.

Tabela 6-5 – Parâmetro estatísticos para o Módulo de Ruptura Longitudinal na Flexão

Módulo de Ruptura Longitudinal na Flexão (N/mm ²)		
PAINEL	OSB Form	OSB Form Pastificado
Média	35,042	34,471
Variância	33,02223	12,09443
Desvio Padrão	5,746	3,478
Coef. Variação	0.164	0.100
Tamanho da Amostra	12	12

$$S_p^2 = 22,55833 ; SP = 4,749561 ; \phi = 22 ; t = 0,294 ; t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,074.$$

Conclusão: Como $-t_{\frac{\alpha}{2}} < t < t_{\frac{\alpha}{2}}$, aceita-se H_0 . Portanto, ao nível de 95%, é possível afirmar que os dois tipos de painéis apresentam o mesmo Módulo de Ruptura Longitudinal.

6.5.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.

a) painel OSB Form, 17 mm

$$31,39 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 38,69 \text{ N/mm}^2, \text{ com } 95\% \text{ de confiança.}$$

b) painel OSB Form Plastificado, 17mm

$$32,26 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 36,68 \text{ N/mm}^2, \text{ com } 95\% \text{ de confiança}$$

6.6– DUREZA JANKA.

Os valores a serem utilizados são os da Tabela 5.4.

6.6.1– COMPARAÇÃO ENTRE AS DUREZAS JANKA DOS DOIS TIPOS DE PAONÉIS.

Da tabela 5.4, obtém-se os dados da tabela 6.6

Tabela 6-6 – Parâmetros estatísticos para Dureza Janka

Dureza Janka (N)		
PAINEL	OSB Form	OSB Form Pastificado
Média	3683,5	3438,125
Variância	278920,4	118068,1
Desvio Padrão	528,1292	343,6105
Coef. Variação	0,143	0,099
Tamanho da Amostra	10	10

$$Sp^2 = 198494,3 ; SP = 445,527 ; \phi = 18 ; t = 1,232 ; t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,101.$$

Conclusão: Como $-t_{\frac{\alpha}{2}} < t < t_{\frac{\alpha}{2}}$, aceita-se H_0 . Portanto, ao nível de 95%, é

possível afirma que os dois tipos de painéis apresentam o mesmo valores para Dureza Janka.

6.6.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.

a) painel OSB Form, 17 mm

$3305,70 \text{ N} \leq \mu \leq 4061,30 \text{ N}$, com 95% de confiança.

b) painel OSB Form Plastificado, 17mm

$3192,32 \text{ N} \leq \mu \leq 3683,93 \text{ N}$, com 95% de confiança.

6.7– TENSÃO DE CISALHAMENTO À COMPRESSÃO.

Os dados utilizados são aqueles mostrados na Tabela 5.5, do Capítulo 5.

Neste caso, só foram ensaiados amostras de painéis OSB Form. Da Tabela 5.5 obteve-se os dados da Tabela 6.7.

Tabela 6-7 – Parâmetros estatísticos de Cisalhamento à Compressão

Tensão de Cisalhamento à Compressão (N/mm ²)	
PAINEL	OSB Form
Média	24,68
Variância	5,3608
Desvio Padrão	2,32
Coef. Variação	0,094
Tamanho da Amostra	20

O intervalo de confiança será:

$23,60 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 25,77 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

6.8– RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PARALELAS ÀS FACES.

Os dados utilizados são aqueles mostrados na Tabela 5.6.

6.8.1– COMPARAÇÃO ENTRE AS RESISTÊNCIA PARA OS DOIS TIPOS DE PAINÉIS.

A partir da Tabela 5.6, gerou-se os dados da Tabela 6.8.

Tabela 6-8 – Parâmetros estatísticos para as Resistências à Tração paralelas às faces

Resistência à Tração Paralelas às Faces (N/mm ²)		
PAINEL	OSB Form	OSB Form Pastificado
Média	16,42	13,51
Variância	4,6799	2,0448
Desvio Padrão	2,1633	1,43
Coef. Variação	0,131	0,105
Tamanho da Amostra	12	12

$$Sp^2 = 3,3623 ; SP = 1,834 ; \phi = 22 ; t = 3,884 ; t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,074.$$

Conclusão: Como $t > t_{\frac{\alpha}{2}}$, rejeita-se H_0 . Portanto, ao nível de confiança de

95%, a resistência à tração paralelas às faces, não podem ser consideradas iguais para os dois tipos de painéis em estudo.

6.8.2– INTERVALO DE CONFIANÇA.

a) painel OSB Form, 17 mm

$15,05 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 17,80 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

b) painel OSB Form Plastificado, 17mm

$12,60 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 14,42 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

6.9– TRAÇÃO PERPENDICULAR ÀS FACES.

Os dados utilizados são os da Tabela 5.7. Só foram amostrados painéis de OSB Form. Gerou-se os dados da Tabela 6.9.

Tabela 6-9 – Parâmetros estatísticos da Tração perpendicular às fibras de painéis OSB Form, 17mm.

Tração Perpendicular às Fibras (N/mm ²)	
PAINEL	OSB Form
Média	0,6745
Variância	0,011397
Desvio Padrão	0,1068
Coef. Variação	0,158
Tamanho da Amostra	15

O intervalo de confiança fica, para o OSB Form, 17mm:

$0,6154 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 0,7336 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

6.10 – MÓDULO DE RIGIDEZ.

Os dados utilizados são os da tabela 5.8. Aqui, também, só foram amostrados painéis OSB Form, de 17mm.

Da Tabela 5.8 , gerou-se os dados da tabela 6.10.

Tabela 6-10 – Parâmetros estatísticos do Módulo de Rigidez de painéis OSB Form, 17 mm

Módulo de Rigidez (N/mm ²)	
PAINEL	OSB Form
Média	5938,266
Variância	12101849
Desvio Padrão	3478,771
Coef. Variação	0,585
Tamanho da Amostra	12

Neste caso,o intervalo de confiança será, para o OSB Form, 17mm:

$$3727,959 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 8148,573 \text{ N/mm}^2, \text{ com } 95\% \text{ de confiança.}$$

Retirando-se os valores maiores e menores (outliers):

2455,865; 13658,02; 11739,30, passa-se à tabela 6.11.

Tabela 6-11 – Parâmetros estatísticos para o Módulo de Rigidez de Painéis OSB Form, 17 mm, sem “outliers”.

Módulo de Rigidez (N/mm ²)	
PAINEL	OSB Form
Média	4822,89
Variância	2068756
Desvio Padrão	1438,317
Coef. Variação	0,298
Tamanho da Amostra	9

O intervalo de confiança fica, para o OSB Form, 17mm:

$3717,301 \text{ N/mm}^2 \leq \mu \leq 5928,479 \text{ N/mm}^2$, com 95% de confiança.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 – CONSIDERAÇÃO

Como se pôde observar ao longo do texto exposto, houve diversas dificuldades para se realizar os ensaios preconizados nas Normas Internacionais existentes sobre OSB, e adaptar outros, de Normas sobre materiais similares.

Os valores encontrados para a densidade dos painéis de OSB Form de 17mm e OSB Form Plastificado de 17mm, estão superiores aos valores estabelecidos pela norma EN-12369/2001, para painéis com espessura entre 10 a 18 mm, a serem utilizados em condições de elevada umidade.

Para os resultados dos ensaios para determinar o módulo de elasticidade, obtidos conforme as prescrições da Norma EN – 310/93, se verificou que os mesmos obtidos estão acima do estabelecido por norma .

Verifica-se que os dados encontrados nos ensaios para determinar o módulo de ruptura, encontram-se acima dos valores estabelecidos pela Norma EN – 310/93.

Os valores obtidos, nos ensaios de dureza, pelo método Janka, não puderam ser comparados, pois não se encontrou valores normatizados.

Para o ensaio de cisalhamento à compressão, que verifica a qualidade da aderência das partículas, o que se pode dizer, também verificado no ensaio de tração perpendicular às faces, e que seria necessário a verificação da qualidade da cola. Analisando a qualidade de cola, de outros materiais recicláveis, aplicável no núcleo chamado camada miolo, e que compõe o painel de OSB, se poderia ter uma melhor qualidade na comparação de resultados.

Os ensaios de tração paralelas às fibras, onde os corpos-de-provas foram moldados conforme a determinação da Norma da ABNT 7190/97, podem ser utilizados para verificar a resistência da camada dita miolo, em trabalhos futuros, para verificação da influência do núcleo na resistência dos painéis.

Para os ensaios de tração paralela às fibras, onde os corpos-de-provas foram moldados conforme a Norma da ASTM D-3500-90, se verifica que os valores estão acima do estabelecido pela norma EN – 300/93, tendo o ensaio sido realizado nas três camadas que compõe o painel, possibilitando a comparação, num trabalho futuro, da resistência entre as camadas que compõe o painel, e o núcleo.

No ensaio de tração perpendicular às faces, verifica-se que a qualidade da cola, pode ser testada no ensaio de compressão ao cisalhamento; porém, alguns dos inconvenientes ocorridos neste ensaio, como a concentração de tensão nos apoios e o rompimento na cola, impossibilitou a realização dos ensaios nos painéis do tipo OSB Plastificados, ficando este ensaio para um trabalho futuro.

Para realizar os ensaios de determinação do módulo de rigidez, foi necessário desenvolver um dispositivo, assim como para outros ensaios, já expostos anteriormente; além disto, às ditas agulhas de medição de deformação, não registravam as deformações ocorridas durante os ensaios; assim, optou-se pela utilização de strain gages, que foram colados aos corpos-de-provas.

A norma da ASTM 2719/94, em seu enunciado para a determinação do módulo de rigidez, usa uma fórmula, que não pôde ser utilizada neste ensaio. Então, foi preciso desenvolver uma nova fórmula para determinar-se o módulo de rigidez. Não se encontrou referências postulado em norma para que fosse verificar-se os dados obtidos.

O coeficiente de Poisson não foi verificado, ficando para um trabalho futuro, a ser realizado com novas pesquisas sobre tópicos não abordados neste trabalho.

Espera-se, com este trabalho, ter sido possível trazer mais informações sobre o estudo desse material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STRANDARD – ANS. 1993. **Mat-formed wood particleboard: specification ANSI / A 208.1.1993**. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993 .9p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM.1991. **Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and participle panels: ASTM D 1037 – 91** . Philadelphia :1991.(Annuaul Book of ASTM Standards).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2002. **Chapas de Madeiras aglomeradas – métodos de ensaios**. ABNT NBR14810-3.São Paulo :2002.

BODIG, J.;JAYNE, B.A. (1992). **Mechanics of wood and wood composites**. Krieger Publishing Company. Malabar,Flórida.

CANADIAN STRANDARDS ASSOCIATION – CSA. 1993. **OSB and Waferboard**. 0437-93. Ontario :1993.

CLOUTIER, A. 1998. Oriented Strand board (OSB): raw material ,manufacturing process properties ,and uses. In : **INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY**. Belo Horizonte: 1998. p. 173-185.

DEL MANEZZI, C.H.S.; SOUZA, M.R. DE; GONÇALLES, J.C. 1996. Fabricação e avaliação tecnológica da chapa aglomerada de mistura de Eucalyptus urophylla T.S. Blake e Pinus ocarpa Schiede .**Revista Árvore**. V.20,n.3, p.371-376.1996.

DEUSTSCHES INSTITUTFUR NORMUNG – DIN. 1981. **Plywood : building- veneer plywood** DIN 68705-3. Berlin :1981.

EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION - European Standard EN.310.
Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.1993.

EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION - European Standard EN.326-1.
Wood-based panels –**Sampling, cutting and inspection** .1994

EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION - European Standard EN.319.
Particleboard and Fiberboard – **Determination of internal adhesion.** Bruxelas.1993

EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION - European Standard EN.12369-1.
Wood-based panel –**Characteristic values for structural desing.**2001

FEIST, W.C.; ROWELL, R.M.; ELLIS, W.D. 1991. Moisture sorption accelerated weathering of acetylated and methacrylated aspen. **Wood and Fiber Science**, n.23,v.1,p.128-136,1991.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. 1999. **Wood Handbook:** wood as an engineering material. USDA / Forest service: Washington,1999, 466p.

GOUVEIA, F.N.; VITAL, B.R.; SANTANA, M.A.E. 2003. Avaliação de três tipos de colchão e três níveis de resina fenólica na produção de chapas de partículas orientadas –OSB. **Revista Árvore** . v.27n.3,p. 365-370,2003.

GOUVEIA, F.N.; SANTANA, M.A.E.; SOUZA, M.R. 2000. Utilização da madeira de eucalyptos grandis e Eucalyptus urophylla na fabricação de chapas de partículas orientadas (OSB) e não – orientadas .**Revista Árvore** ,v.24,n.1 p.7-12,2000.

HRÁZSHÝ, J.; KRÁL, P. 2003. The influence of particle composition in a three-layer particleboard on its physical and mechanical properties. **Journal of Forest Science**, v. 49 n.2 p. 83 -93 ,2003.

IMAMURA,Y. et al. 1989. Dimensional stability and biological resistance of particleboard from acetylated abbizia wood particle .**Wood Research**, n.76,p.49-58,1989.

IWAKIRI, S. et al. 2004. Utilização de Madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas -OSB. **Cerne**, v.10, n.1,p. 46-52,2004.

JANSSENS, D.P. 1998. The increasing recognition of oriented strand board (OSB) as a preferred structural panel. In: **INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY**. Belo Horizonte:1998. p. 169-172.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAM, A.J. 1975. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer –Verlag,1975.v.2,p.154-283,1975.

MALONEY,T. M. 1993. **Modern particleboard & dry – process fiberboard manufacturing**. San Francisco : Miller Freeman , 1993 . 696p.

MENDES, L.M. 2001.**Pinus spp.na Produção painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001 .156f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais)- Universidade Federal do Paraná ,Curitiba ,2001.

MOSLEMI, A. A.. **Particleboard**. Carbondale : Southern Illinois University Perss, 1974 v. 1. 243p.

PACCOLA, R. R. **Análise não linear física de placas e cascas anisotrópicas laminadas acopladas ou não com meio contínuo tridimensional viscoelástico através da combinação entre o MEC eo MEF**. São Carlos, 2004.190f Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PEREYRA, O. **Avaliação da madeira de eucaliptos dunnii (Maid) na manufatura de painéis compensados** . 1994 87f. “Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da madeira)- Escola Superior de Agricultura ‘ Luiz de Queiroz” , Piracicaba , 1994.

RIBEIRO, G.O. 1986. **Determinação de Propriedades Elásticas e de Resistência dos Compensados Estruturais**. 1986.214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo . Escola de Engenharia de São Carlos,1986.

ROHWER, K; FRIEDRICHS, S.;WEHMEYER, C. Analyzing laminated structures from fibre-reinforced composite material- an assessment. **Technische Mechanik**, V.25,P.59-79, 2005.

ROWELL, W.C. (Ed). 2005. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton , CRC Press, 2005 .478p.

SZÜCS, C.A.; DIAS, G.L.; SANTOS,A.C.; LIMA,A.L. 2004. **Determinação de Propriedades Mecânicas do OSB**. In: VI ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS,2004, Cuiabá/MT. Anais... Cuiabá:IBRAMEM,2004.

SELLERS, T. 2001. Wood adhesive : innovations and applications in North America . **Forest Products Journal** , v. 51 . n. 6 ,june 2001 ,p 12-22.

TITA, V.**Projeto e fabricação de estruturas em material compósito polimérico**. 2007. Notas de aula.

TOMASELLI, I. 1998. A indústria de painéis no Brasil e no mundo : tendências de mudanças do perfil de produção e usos. In. : **INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY**. Belo Horizonte:1998. p. 55-64.

TSOUMIS, G. . 1991. **Sciense and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York : chapman & Hall , 1991 . p . 309 – 339.

TOUTO, M.; MIYAKE, N. 2000. A indústria de painéis de madeira supera as expectativas. **Informativo STPC** , n. 4 , p. 20 -22 ,2000.

VITAL, B.R. 1984. **Métodos de determinação da densidade da madeira** . Viçosa. MG : Sociedade de Investigação Florestais , 1984 .21p.

VITAL, B.R; LEHMANN, W.F.; BOONE, R.S. 1974. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particuleboard. **Forest Products Journal**. V. 24 , n.12 , p.37-45 ,1974.

WALKER, J.C.F. 1993. **Primary wood processing :principles and practice**. London : Chapman & Hall , 1993 . p. 377 -416.

ANEXO A

Tabela A.1 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 1.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGURA (mm)		COMPRIMENTO(mm)	
1CP1	1	17,3	55,08	1	49,05	1	98,118
	2	17,16		2	49,02	2	98,118
	3	17,18		3	49,03	3	98,118
	4	17,185		4	49,05		
	MEDIA	1,720625		MEDIA	4,90375	MEDIA	9,8118
1CP2	1	17,18	50,98	1	49,46	1	98,46
	2	17,13		2	49	2	98,22
	3	17,14		3	49,83	3	98,42
	4	17,04		4	49,68		
	MEDIA	1,71225		MEDIA	4,94925	MEDIA	9,836667
1CP3	1	17,235	56,1	1	49,47	1	98,46
	2	17,16		2	49,47	2	98,46
	3	17,3		3	49,46	3	98,68
	4	17,04		4	49,46		
	MEDIA	1,718375		MEDIA	4,9465	MEDIA	9,853333
1CP4	1	17,23	54,57	1	50	1	99,84
	2	17,065		2	49,89	2	99,22
	3	17,24		3	49,95	3	99,18
	4	17,05		4	50,01		
	MEDIA	1,714625		MEDIA	4,99625	MEDIA	9,941333
1CP5	1	17,35	58,26	1	49,66	1	98,22
	2	17,34		2	49,46	2	98,23
	3	17,26		3	49,65	3	98,24
	4	17,33		4	49,48		
	MEDIA	1,732		MEDIA	4,95625	MEDIA	9,823

Tabela A.2 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 2.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
2CP1	1	17,45	56,86	1	49,05	1	98,05
	2	17,32		2	49,22	2	98,8
	3	17,36		3	49,25	3	98,9
	4	17,28		4	49,28		
	MEDIA	1,73525		MEDIA	4,92	MEDIA	9,858333
	1	17,37	59,25	1	49,66	1	98,05
	2	17,28		2	49,65	2	98,1
	3	17,35		3	49,65	3	98,1
	4	17,27		4	49,63		
	MEDIA	1,73175		MEDIA	4,96475	MEDIA	9,808333
2CP3	1	17,34	54,93	1	48,65	1	96,88
	2	17,35		2	48,95	2	97,85
	3	17,22		3	49,05	3	98,05
	4	17,28		4	49,95		
	MEDIA	1,72975		MEDIA	4,915	MEDIA	9,759333
2CP4	1	17,18	66,11	1	49,95	1	98,8
	2	17,38		2	49,1	2	98,65
	3	17,45		3	49,2	3	98,6
	4	17,26		4	49,3		
	MEDIA	1,73175		MEDIA	4,93875	MEDIA	9,868333
2CP5	1	17,28	55,16	1	49,65	1	98,1
	2	17,47		2	49,44	2	98,67
	3	17,27		3	49,55	3	98,85
	4	17,2		4	49,85		
	MEDIA	1,7305		MEDIA	4,96225	MEDIA	9,854

Tabela A.3 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 3.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
3CP1	1	17,27	52,79	1	49,47	1	98,112
	2	17,2		2	49,45	2	98,105
	3	17,26		3	49,85	3	98,46
	4	17,28		4	49,9		
	MEDIA	1,72525		MEDIA	4,96675	MEDIA	9,822567
3CP2	1	17,27	57,31	1	49,47	1	98,1
	2	17,45		2	49,3	2	98,15
	3	17,19		3	49,28	3	98,2
	4	17,3		4	49,18		
	MEDIA	1,73025		MEDIA	4,93075	MEDIA	9,815
3CP3	1	17,1	58,33	1	49,25	1	98,22
	2	17,195		2	49,2	2	98,84
	3	17,46		3	49,28	3	98,25
	4	17,2		4	49,47		
	MEDIA	1,723875		MEDIA	4,93	MEDIA	9,843667
3CP4	1	17,41	57,94	1	49,47	1	98,22
	2	17,28		2	49,48	2	98,15
	3	17,02		3	49,47	3	98,15
	4	17,34		4	49,47		
	MEDIA	1,72625		MEDIA	4,94725	MEDIA	9,817333
3CP5	1	17,18	57,1	1	49,2	1	97,45
	2	17,04		2	49,5	2	97,6
	3	17,2		3	49,5	3	97,65
	4	17,15		4			
	MEDIA	1,71425		MEDIA	4,94	MEDIA	9,756667

Tabela A.4 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 4.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
4CP1	1	17,21	55,21	1	49,47	1	98,85
	2	17,36		2	49,24	2	98,45
	3	17,37		3	49,48	3	98,84
	4	17,26		4	49,44		
	MEDIA	1,73		MEDIA	4,94075	MEDIA	9,871333
4CP2	1	17,02	61,26	1	49,26	1	98,46
	2	17,08		2	49,15	2	98,51
	3	17,02		3	49,5	3	98,5
	4	17,03		4	49,48		
	MEDIA	1,70375		MEDIA	4,93475	MEDIA	9,849
4CP3	1	17,18	56,42	1	49,45	1	98,45
	2	17,25		2	49,25	2	98,47
	3	17,04		3	49,35	3	98,2
	4	17,24		4	49,3		
	MEDIA	1,71775		MEDIA	4,93375	MEDIA	9,837333
4CP4	1	17,18	57,11	1	49,3	1	99,1
	2	17,36		2	49,28	2	98,95
	3	17,25		3	49,42	3	99,3
	4	17,38		4	49,48		
	MEDIA	1,72925		MEDIA	4,937	MEDIA	9,911667
4CP5	1	17,04	56,98	1	50	1	99,25
	2	17,23		2	49,9	2	99,1
	3	17,08		3	49,95	3	99,15
	4	17,06		4	49,98		
	MEDIA	1,71025		MEDIA	4,99575	MEDIA	9,916667

Tabela A.5 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 5.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
1CP5	1	17,23	59,91	1	49,26	1	99,48
	2	17,3		2	49,25	2	98,85
	3	17,32		3	49,15	3	98,65
	4	17,25		4	49,2		
	MEDIA	1,7275		MEDIA	4,9215	MEDIA	9,899333
2CP5	1	17,04	56,92	1	49,2	1	99,1
	2	17,2		2	49,15	2	98,95
	3	17,38		3	49,18	3	98,9
	4	17,24		4	49,1		
	MEDIA	1,7215		MEDIA	4,91575	MEDIA	9,898333
3CP5	1	17,17	57,66	1	49,4	1	98,85
	2	17,35		2	49,45	2	98,7
	3	17,18		3	49,6	3	98,5
	4	17,37		4	49,38		
	MEDIA	1,72675		MEDIA	4,94575	MEDIA	9,868333
4CP5	1	17,29	56,93	1	49,65	1	99,1
	2	17,14		2	49,45	2	98,95
	3	17,25		3	49,4	3	99,05
	4	17,19		4	49,2		
	MEDIA	1,72175		MEDIA	4,9425	MEDIA	9,903333
5CP5	1	17,17	54,77	1	49,15	1	99,2
	2	17,24		2	49,1	2	98,98
	3	17,2		3	49,05	3	99,1
	4	17,32		4	49,08		
	MEDIA	1,72325		MEDIA	4,9095	MEDIA	9,909333

Tabela A.6 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 6.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
1CP1p	1	17,07	52,67	1	49,85	1	99,65
	2	17,07		2	49,9	2	99,1
	3	17,17		3	49,95	3	99,2
	4	17,11		4	49,8		
	MEDIA	1,7105		MEDIA	4,9875	MEDIA	9,931667
1CP2p	1	17,02	66,95	1	49,98	1	97,65
	2	17,32		2	49,99	2	97,95
	3	17,42		3	50	3	98,5
	4	17,37		4	49,95		
	MEDIA	1,72825		MEDIA	4,998	MEDIA	9,803333
1CP3p	1	17,22	58,84	1	49,85	1	98,85
	2	17,18		2	49,95	2	98,9
	3	17,22		3	49,8	3	99,1
	4	17,15		4	49,88		
	MEDIA	1,71925		MEDIA	4,987	MEDIA	9,895
1CP4p	1	17,08	52,69	1	49,25	1	98,6
	2	17,1		2	49,2	2	99
	3	16,48		3	49,1	3	99,1
	4	17,05		4	49,05		
	MEDIA	1,69275		MEDIA	4,915	MEDIA	9,89
1CP5p	1	17,16	53,32	1	49,1	1	98,98
	2	17,04		2	49,12	2	99
	3	17,12		3	49,15	3	99,05
	4	17,01		4	49,2		
	MEDIA	1,70825		MEDIA	4,91425	MEDIA	9,901

Tabela A.7 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 7.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
2CP1p	1	17,07	55,18	1	50	1	99,1
	2	17,12		2	49,98	2	98,98
	3	17,18		3	49,97	3	99,5
	4	17,11		4	49,95		
	MEDIA	1,712		MEDIA	4,9975	MEDIA	9,919333
2CP2p	1	17,15	53,53	1	49,5	1	99,1
	2	17,12		2	49,3	2	99,05
	3	17,06		3	49,35	3	99,15
	4	17,13		4	49,28		
	MEDIA	1,7115		MEDIA	4,93575	MEDIA	9,91
2CP3p	1	17,2	57,1	1	50	1	99
	2	17,24		2	49,95	2	99,5
	3	17,2		3	49,98	3	99,9
	4	17,15		4	49,97		
	MEDIA	1,71975		MEDIA	4,9975	MEDIA	9,946667
2CP4p	1	17,08	53,72	1	49,1	1	99,9
	2	17,2		2	49,15	2	99,3
	3	17,22		3	49,2	3	99,1
	4	17,25		4	49,15		
	MEDIA	1,71875		MEDIA	4,915	MEDIA	9,943333
2CP5p	1	17,12	54,85	1	49,1	1	99,1
	2	17,225		2	49,15	2	99,05
	3	17,22		3	49,2	3	99
	4	17,12		4	49,12		
	MEDIA	1,717125		MEDIA	4,91425	MEDIA	9,905

Tabela A.8 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 8.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
3CP1p	1	17,18	50,69	1	50	1	99,1
	2	17,11		2	49,98	2	99,05
	3	17,2		3	49,99	3	99
	4	17,25		4	49,9		
	MEDIA	1,7185		MEDIA	4,99675	MEDIA	9,905
3CP2p	1	17,2	52,38	1	50	1	99,2
	2	17,16		2	49,98	2	99,25
	3	17,18		3	49,9	3	99,2
	4	17,11		4	49,95		
	MEDIA	1,71625		MEDIA	4,99575	MEDIA	9,921667
3CP3p	1	17,15	53,62	1	49,98	1	99,1
	2	17,14		2	49,9	2	98,98
	3	17,24		3	49,8	3	99,05
	4	17,23		4	49,95		
	MEDIA	1,719		MEDIA	4,99075	MEDIA	9,904333
3CP4p	1	17,02	51,63	1	49,25	1	99,1
	2	17,05		2	49,1	2	99,05
	3	17,01		3	49,15	3	99
	4	17,08		4	49,05		
	MEDIA	1,704		MEDIA	4,91375	MEDIA	9,905
3CP5p	1	17,17	59,16	1	50	1	98,95
	2	17,26		2	49,95	2	99,05
	3	17,21		3	49,98	3	99,5
	4	17,29		4	49,97		
	MEDIA	1,72325		MEDIA	4,9975	MEDIA	9,916667

Tabela A.9 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 9.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
4CP1p	1	17,26	57,95	1	50	1	99,15
	2	17,13		2	49,98	2	99
	3	17,36		3	49,99	3	98,98
	4	17,21		4	49,97		
	MEDIA	1,724		MEDIA	4,9985	MEDIA	9,904333
4CP2p	1	17,14	54,03	1	49,45	1	98,98
	2	17,145		2	49,1	2	98,95
	3	17,09		3	49,15	3	98,97
	4	17,1		4	49,12		
	MEDIA	1,711875		MEDIA	4,9205	MEDIA	9,896667
4CP3p	1	17,21	58,13	1	49,99	1	98,5
	2	17,16		2	49,97	2	98,95
	3	17,26		3	49,85	3	99
	4	17,215		4	49,98		
	MEDIA	1,721125		MEDIA	4,99475	MEDIA	9,881667
4CP4p	1	17,06	52,38	1	49,1	1	99
	2	17,14		2	49,05	2	98,98
	3	17,03		3	49,03	3	99,05
	4	17,16		4	49		
	MEDIA	1,70975		MEDIA	4,9045	MEDIA	9,901
4CP5p	1	17,17	54,69	1	49,2	1	99,03
	2	17,05		2	49,3	2	99,22
	3	17,13		3	49,25	3	99,25
	4	17,06		4	49,15		
	MEDIA	1,71025		MEDIA	4,9225	MEDIA	9,916667

Tabela A.10 – Dimensões dos corpos-de-prova para obter a densidade, painel 10.

OSB Form (os valores médios estão em centímetros)

PLACA N°	ESPESSURA(mm)		MASSA (g)	LARGUR A (mm)		COMPRIMENTO	
5CP1p	1	17,1	52,64	1	49,65	1	98,1
	2	17,03		2	49,5	2	98,05
	3	17,19		3	49,85	3	98
	4	17,06		4	49,3		
	MEDIA	1,7095		MEDIA	4,9575	MEDIA	9,805
5CP2p	1	17,15	50,69	1	49,2	1	97,1
	2	17,27		2	49,15	2	97,5
	3	17,08		3	49,18	3	98,1
	4	17,12		4	49,25		
	MEDIA	1,7155		MEDIA	4,9195	MEDIA	9,756667
5CP3p	1	17,3	59,93	1	49,98	1	97,1
	2	17,42		2	50	2	97,95
	3	17,32		3	49,99	3	98,15
	4	17,37		4	50		
	MEDIA	1,73525		MEDIA	4,99925	MEDIA	9,773333
5CP4p	1	17,36	59,42	1	50	1	97,8
	2	17,25		2	49,98	2	97,9
	3	17,35		3	49,97	3	97
	4	17,24		4	49,95		
	MEDIA	1,73		MEDIA	4,9975	MEDIA	9,756667
5CP5p	1	17,27	55,69	1	49,98	1	98
	2	17,3		2	49,95	2	98,1
	3	17,23		3	50	3	98,05
	4	17,24		4	49,97		
	MEDIA	1,726		MEDIA	4,9975	MEDIA	9,805

ANEXO B

Tabela – Painéis para usos gerais, incluindo mobiliário, interiores, utilizados em ambiente seco.

Placa tipo OSB/ 1	Norma e Unidade		Requisitos		
			Espessura do painel (mm).		
			6 a 10	> 10 e < 18	18 a 25
MOR Direção longitudinal	EN 310	MPa	20	18	16
MOR Direção transversal	EN 310	MPa	10	9	8
MOE Direção longitudinal	EN 310	MPa	2500	2500	2500
MOE Direção transversal	EN 310	MPa	1200	1200	1200
Adesão interna	EN 319	MPa	0,30	0,28	0,26
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	25	25	25

Fonte: EN 300/2002.

Tabela – Painéis para fins estruturais utilizados em ambiente seco, requisitos para as propriedades mecânicas e de inchamento.

Placa tipo OSB/ 2	Norma e Unidade		Requisitos		
			Espessura do painel (mm).		
			6 a 10	> 10 e < 18	18 a 25
MOR Direção longitudinal	EN 310	MPa	22	20	18
MOR Direção transversal	EN 310	MPa	11	10	9
MOE Direção longitudinal	EN 310	MPa	3500	3500	3500
MOE Direção transversal	EN 310	MPa	1400	1400	1400
Adesão interna	EN 319	MPa	0,34	0,32	0,30
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	20	20	20

Fonte: EN 300/2002.

Tabela - Painéis para fins estruturais utilizados em ambientes úmidos
Requisitos para as propriedades mecânicas e de inchamneto
(Fonte: EN-300,2002).

Placa tipo OSB/ 3	Método de Ensaio Unidade		Requisitos		
Propriedade			Espessura do painel (nominal, mm)		
			6 a 10	> 10 e < 18	18 a 25
Resistência à flexão Direção longitudinal	EN 310	N/mm ²	22	20	18
Resistência à flexão Direção transversal	EN 310	N/mm ²	11	10	9
Módulo de Elasticidade na flexão – Direção longitudinal	EN 310	N/mm ²	3500	3500	3500
Módulo de Elasticidade na flexão – Direção transversal	EN 310	N/mm ²	1400	1400	1400
Resistência à tração perpendicular às faces	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	15	15	15

Tabela - Painéis para fins estruturais especiais utilizados em ambientes úmidos – Requisitos para as propriedades mecânicas e de inchamneto (Fonte: EN-300,2002)

Placa tipo OSB/ 4	Método de Ensaio Unidade		Requisitos		
Propriedade			Espessura do painel (nominal, mm)		
			6 a 10	> 10 e < 18	18 a 25
Resistência à flexão Direção longitudinal	EN 310	N/mm ²	30	28	26
Resistência à flexão Direção transversal	EN 310	N/mm ²	16	15	14
Módulo de Elasticidade na flexão – Direção longitudinal	EN 310	N/mm ²	4800	4800	4800
Módulo de Elasticidade na flexão – Direção transversal	EN 310	N/mm ²	1900	1900	1900
Resistência à tração perpendicular às faces	EN 319	N/mm ²	0,50	0,45	0,40
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	12	12	12

Tabela - Propriedade físicas e mecânicas do OSB definido na norma CSA 0437.0.

Propriedades	*O-2	*O-1	**R-1
Chapa seca pronta para expedição:			
modulo de ruptura paralelo (kgf/cm ²)	290	234	172
modulo de ruptura perpendicular (kgf/cm ²)	124	96	172
modulo de elasticidade paralelo (kgf/cm ²)	55000	45000	31000
modulo de elasticidade perpendicular (kgf/cm ²)	15000	13000	31000
Ligação interna (kgf/cm ²)	3,45	3,45	3,45
Após exposição à umidade:			
modulo de ruptura paralelo (kgf/cm ²) (após duas horas de fervura em água)	145	117	86
modulo de ruptura perpendicular (kgf/cm ²) (após duas horas de fervura em água)	62	48	86
aumento em espessura após duas horas de imersão em água:			
espessura abaixo de 12,7 mm	15 %	15 %	15 %
espessura acima de 12,7 mm	10 %	10 %	10 %
Expansão linear (estado seco em estufa a saturado)			
paralelo	0,35 %	0,35 %	0,40 %
perpendicular	0,50 %	0,50 %	0,40 %

Fonte: Adaptado da CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (1993) *Categoria O: orientado (OSB);

**Categoria R: aleatório (*Wafer board*).

Tabela OSB painel 12mm (Dias et al 2004)

Corpo de prova N°	Resistência (MPa)			Rigidez - Circular (MPa)		Rigidez - Aparente (MPa)			Rigidez (MPa)
	Flexão Transversal	Flexão Longitudinal	Flexão Vertical	Flexão Transversal	Flexão Longitudinal	Flexão Transversal	Flexão Longitudinal	Flexão Vertical	Cisalhamento
CP-01	14,7	22,7	78,4	2314,4	5303,0	2253,3	5431,8	4222,3	1698,3
CP-02	15,1	23,6	58,6	2505,1	5640,4	2282,8	5727,9	4257,0	1568,3
CP-03	17,2	25,0	61,3	2567,6	5401,5	2577,6	6060,4	4541,9	1716,8
CP-04	14,8	23,0	81,6	2191,2	5471,0	2209,2	5533,4	4558,7	1775,3
CP-05	16,4	21,5	71,5	2680,2	4883,9	2530,2	5243,3	4809,1	1687,0
CP-06	14,5	22,7	87,4	2444,4	5369,0	2399,0	5629,3	4185,4	1826,1
CP-07	16,1	22,0	79,7	2639,7	4995,2	2494,5	4993,6	4324,5	1763,9
CP-08	15,9	22,4	79,8	2771,7	4952,2	2722,8	5084,7	4868,3	1806,4
Média	15,6	22,9	74,8	2514,3	5252,0	2433,7	5463,1	4470,9	1730,3
Desvio-Padrão	0,97	1,07	10,17	193,36	274,83	178,98	353,03	266,06	82,33
CV	6,23	4,67	13,60	7,69	5,23	7,35	6,46	5,95	4,76

Tabela OSB painel 18mm (Dias et al 2004)

Corpo de prova N°	Resistência (MPa)				Rigidez - Circular (MPa)		Rigidez - Aparente (MPa)			Rigidez (MPa)
	Flexão Transversal	Flexão Longitudinal	Flexão Vertical	Cisalhamento	Flexão Transversal	Flexão Longitudinal	Flexão Transversal	Flexão Longitudinal	Flexão Vertical	Cisalhamento
CP-01	19,0	29,1	90,7	5,1	3004,4	6062,6	2852,5	6149,9	5788,2	1788,1
CP-02	19,1	24,6	67,1	4,9	2610,8	5273,1	2531,5	5495,2	4379,8	1893,0
CP-03	19,3	27,5	85,7	5,5	2967,9	5686,0	2708,2	5852,5	5443,4	1755,8
CP-04	16,7	29,7	64,4	5,4	2769,2	6042,1	2581,7	6043,2	4345,7	1817,4
CP-05	16,8	26,1	67,5	4,6	2839,0	5633,1	2629,8	5682,6	4615,8	1867,7
CP-06	17,6	24,5	90,0	4,5	2701,3	5322,6	2626,2	5716,5	5094,6	1753,1
CP-07	19,6	29,4	67,0	5,1	3065,2	5673,7	2900,8	6116,0	4804,4	1707,8
CP-08	18,8	27,8	63,6	5,4	3110,4	5499,5	2924,5	5879,9	4257,5	1865,3
Média	18,4	27,3	74,5	5,1	2883,5	5649,1	2719,4	5867,0	4841,2	1806,0
Desvio-Padrão	1,1	2,1	12,0	0,4	180,8	292,3	153,0	229,4	557,4	65,8
CV	6,3	7,7	16,1	7,7	6,3	5,2	5,6	3,9	11,5	3,6