

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INTERUNIDADES EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

CARLITO CALIL NETO

MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC): CONTROLE DE QUALIDADE EM
COMBINAÇÕES ESPÉCIE-ADESIVO-TRATAMENTO PRESERVATIVO.

São Carlos

2011

CARLITO CALIL NETO

MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC): CONTROLE DE QUALIDADE EM
COMBINAÇÕES ESPÉCIE-ADESIVO-TRATAMENTO PRESERVATIVO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

Área de Concentração: Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais.

Orientador: Francisco Antonio Rocco Lahr

São Carlos

2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARLITO CALIL NETO

MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC): CONTROLE DE QUALIDADE EM
COMBINAÇÕES ESPÉCIE-ADESIVO-TRATAMENTO PRESERVATIVO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

Área de Concentração: Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais.

Aprovado(a) em:

Banca Examinadora

Prof (a). Dr(a).:

Instituição:

Assinatura:

Prof (a). Dr(a).:

Instituição:

Assinatura:

Prof (a). Dr(a).:

Instituição:

Assinatura:

There is always a solution in Wood.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Gilberta Machado Luz Cassavia Calil, que sempre me ajudou e me animou quando eu precisava, sempre dando o melhor exemplo e o melhor de si para que eu conseguisse tudo que eu sempre quis.

Ao meu pai, Carlito Calil Junior, que sempre me guiou através dos caminhos da vida e me apontou a direção certa para o sucesso, sempre me aconselhando em tudo que eu fiz.

Ao meu irmão, Rui Cesar Cassavia Calil, pelo seu suporte e acreditar em minhas decisões.

Aos meus avós, por sempre perguntarem se eu estou estudando e sempre rezando para que o meu caminho seja iluminado e sem espinhos.

Ao meu orientador Francisco Antonio Rocco Lahr, que me ajudou todos os dias, não somente no desenvolvimento desse trabalho mais sim do meu mestrado e a minha vida.

Ao Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras, técnicos, professores e aos grandes amigos que fiz dentro e fora do laboratório. Agradeço a todos pela compreensão, orientação em minha formação.

A CPFL - Companhia Piratininga de Força e Luz, pela oportunidade de estudar um assunto tão interessante em minha área.

Ao amigo Claudio Jose dos Campos por acreditar em mim e na USP para o desenvolvimento desse projeto.

A Universidade de São Paulo USP – campus de São Carlos, que contribuiu para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus amigos, colegas e companheiros de Rio Claro, São Carlos e Itapeva, muito obrigado pelo companheirismo e por me apoiarem quando precisei, pois sem vocês não sei o que eu seria.

A FIPAI pela bolsa concedida

E finalmente, agradeço a todos que me ajudaram nesses dois anos de historia que foram muito importantes para mim. Muito obrigado.

RESUMO

CALIL, C. N. MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

A Madeira Laminada Colada (MLC) é um produto engenheirado que requer precisão de fabricação em todos os seus estágios. O produto acabado pode somente ser testado em condições laboratoriais, entretanto é necessário o controle de qualidade na sua produção para assegurar que suas propriedades sejam conformes aos requisitos especificados para o produto de acordo com as normas vigentes. Considerando que no Brasil ainda não existe uma norma específica de qualificação para a MLC e o potencial que esse material tem de ocupar espaço no mercado futuro, este trabalho tem por finalidade propor recomendações metodológicas para os ensaios de controle de qualidade de elementos estruturais de MLC, tendo como pontos de partida as Normas Canadenses CSA 0177-2006, Estadunidenses AITC A190.1-2007, Européia EM 386-2001 e Chilena NCh2148.cR2010, com ênfase principal no sistema de controle de qualidade dos materiais empregados na produção de MLC. Para a avaliação do método proposto foram realizados ensaios com três combinações de espécie – adesivo – tratamento, os mesmos utilizados no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL/EESC: “PD220-07 – CABEÇA DE SÉRIE DA CRUZETA DE MLC”. Os resultados mostram que o método proposto é adequado e de suma importância no estudo de MLC estrutural em função da sensibilidade de combinação espécie – adesivo – tratamento.

Palavra-chave: MLC; Normas; Controle de Qualidade; Certificação; Madeira.

ABSTRACT

CALIL, C. N. **GLULAM: quality control in combinations of species-adhesive-preservative treatment.** 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

The Glued Laminated Wood is an engineered product that requires precision manufacturing in all its stages. The finished product can only be tested in laboratory conditions, however it is necessary to quality control in their production to ensure that the properties of the MLC are appropriate to the requirements specified for the product in accordance with the standards. Considering that in Brazil there is still no specific standard of qualification for the manufacturers of Glulam and the promising future market, this paper aims to propose some methodological recommendations for quality control testing of structural elements of Glulam-based Canadian Standards CSA 0177 - 2006, AITC A190.1-2007 American, European and Chilean NCh2148.cR2010 AT 386-2001, with primary emphasis on the control system of quality of materials used in the production of Glulam. For the evaluation of the proposed trials were conducted with combinations of three species - adhesive - treatment that were used in the design of Research and Development ANEEL / EESC "PD220-07 - HEAD OF SERIES CROSSHEAD MLC. The results show that the proposed method is suitable and of paramount importance in the study of structural MLC according to the sensitivity of species combination - adhesive - treatment.

Key Words: Glulam, Standard, Quality Control, Certification, Wood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reação da estrutura reticulada	34
Figura 2 - Sistema massa-mola e viga vibrando transversalmente.....	41
Figura 2 – Massa suportada por uma mola. Figura 3 - Viga bi-apoiada	41
Figura 4 - Esquema de um equipamento para a determinação do MOE por vibração transversal.	42
Figura 5 - Largura da medula	45
Figura 6 - Dois nós na mesma seção	45
Figura 7 - Gabarito para classificação das peças de madeira	46
Figura 8 - Rachaduras com comprimento maiores do que 15,0 cm	47
Figura 9 - Esmoado maior do 1 cm	47
Figura 10 – Equipamento de vibração transversal utilizado nos testes.	48
Figura 11 - Processamento das lamelas de Teca	49
Figura 12 – Tipos de adesivos.	50
Figura 13 - Limpeza das lamelas para aplicação do adesivo.....	50
Figura 14 - Aplicação do adesivo nas lamelas e montagem das cruzetas	50
Figura 15 - Colocação das cruzetas na prensa	51
Figura 16 - Ajuste antes na prensagem das cruzetas	51
Figura 17 - Prensagem das cruzetas de MLC	52
Figura 18 - Cruzetas de MLC prontas para furação, acabamento e tratamento	52
Figura 19 – Cruzetas.....	53
Figura 20 - Amostras retiradas para outros ensaios.....	53
Figura 21 - Corpo de prova de Cisalhamento.....	54
Figura 22 - Tanques para a imersão dos corpos de prova	54
Figura 23 - Corpo de prova de Fluência em milímetros.....	55
Figura 24 - Corpo de fluência.....	55

Figura 25 - Planejamento para ensaio dos grupos de 54 cruzetas de MLC.....	56
Figura 26 – Corpos de prova de delaminação retirados das cruzetas de MLC e ensaio na autoclave.....	57
Figura 27 – Corpos de prova de cisalhamento retirados das cruzetas de MLC	57
Figura 28 – Corpos de prova de fluência retirados das cruzetas de MLC.....	58
Figura 29 - Aparato de ensaio dos corpos de prova de fluência.....	58
Figura 30 - Ciclo de Delaminação	116
Figura 31 - Corpo de prova de fluência.....	123

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de florestas de eucalipto e Pinus por estado no Brasil, 2008 (ABRAF e STCP, 2009).	24
Gráfico 2 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	73
Gráfico 3 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	86
Gráfico 4 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	89
Gráfico 5 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	91
Gráfico 6 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	93
Gráfico 7 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	95
Gráfico 8 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	97
Gráfico 9 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	98
Gráfico 10 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	100
Gráfico 11 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	101
Gráfico 12 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	103
Gráfico 13 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	104
Gráfico 14 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	106
Gráfico 15 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	107
Gráfico 16 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	109
Gráfico 17 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	110
Gráfico 18 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	112
Gráfico 19 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas florestais e de plantações de aspectos relevantes de outras espécies plantadas no Brasil.....	25
Tabela 2 - Classificação do tipo de adesivo segundo a norma chilena (NCh2148).	33
Tabela 3 - Composição do CCA (%).....	36
Tabela 4 - COMPOSIÇÃO DO CCB (%).....	38
Tabela 5 - Combinação Pinus-Cascophen-12%	59
Tabela 6 - Combinação Pinus-Porbond-12%	60
Tabela 7 - Combinação Pinus-Cascophen-Saturado	61
Tabela 8 - Combinação Pinus-Purbond-Saturado	62
Tabela 9 - Combinação Teca-Cascophen-12%	63
Tabela 10 - Combinação Teca-Purbong-12%	64
Tabela 11 - Combinação Teca-Cascophen-saturado	65
Tabela 12 - Combinação Teca-Purbond-saturado	66
Tabela 13 - Combinação Lyptus-Cascophen-12%	67
Tabela 14 - Combinação Lyptus-Purbond-12%	68
Tabela 15 - Combinação Lyptus-Cascophen-saturado.....	69
Tabela 16 – Combinação Lyptus-Purbond-saturado	70
Tabela 17 - Resultados dos ensaios de Delaminação	71
Tabela 18 - Teste de fluência.....	72
Tabela 19 - Acompanhamento do teste de fluência.....	72
Tabela 20 - Resultados Finais.....	74
Tabela 21 - Classe de uso	76
Tabela 22 - Teste de fluência.....	85
Tabela 23 - Acompanhamento do Teste de fluência	86

Tabela 24 - Teste de fluência.....	87
Tabela 25 - Acompanhamento do Teste de fluência	88
Tabela 26 - Teste de fluência.....	89
Tabela 27 - Acompanhamento do Teste de fluência	90
Tabela 28 - Teste de fluência.....	91
Tabela 29 - Acompanhamento do Teste de fluência	92
Tabela 30 - Teste de fluência.....	93
Tabela 31 - Acompanhamento do Teste de fluência	94
Tabela 32 - Teste de fluência.....	95
Tabela 33 - Acompanhamento do Teste de fluência	96
Tabela 34 - Teste de fluência.....	97
Tabela 35 - Acompanhamento do Teste de fluência	98
Tabela 36 - Teste de fluência.....	99
Tabela 37 - Acompanhamento do Teste de fluência	99
Tabela 38 - Teste de fluência.....	100
Tabela 39 - Acompanhamento do Teste de fluência	101
Tabela 40 - Teste de fluência.....	102
Tabela 41 - Acompanhamento do Teste de fluência	102
Tabela 42 - Teste de fluência.....	103
Tabela 43 - Acompanhamento do Teste de fluência	104
Tabela 44 - Teste de fluência.....	105
Tabela 45 - Acompanhamento do Teste de fluência	105
Tabela 46 - Teste de fluência.....	106
Tabela 47 - Acompanhamento do Teste de fluência	107
Tabela 48 - Teste de fluência.....	108
Tabela 49 - Acompanhamento do Teste de fluência	108
Tabela 50 - Teste de fluência.....	109

Tabela 51 - Acompanhamento do Teste de fluência	110
Tabela 52 - Teste de fluência.....	111
Tabela 53 - Acompanhamento do Teste de fluência	111
Tabela 54 - Teste de fluência.....	112
Tabela 55 - Acompanhamento do Teste de fluência	113
Tabela 56 - Condições ambientais para corpos de prova de resistência de fluência.	122

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	O OBJETIVO	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1	Madeira Laminada Colada.....	18
3.2	Normas internacionais a respeito do assunto	20
3.3	As Madeiras de Reflorestamento no BRASIL.....	22
3.3.1	Pinus	27
3.3.2	Eucalyptus grandis.....	28
3.3.3	Lyptus	29
3.3.4	Teca	29
3.3.5	Paricá.....	30
3.4	ADESIVOS PARA MLC.....	31
3.4.1	Adesivo de Poliuretano	33
3.4.2	Adesivo à base de resorcinol.....	34
3.5	TRATAMENTO DA MADEIRA CONTRA A DEMANDA BIOLÓGICA	34
3.5.1	Arseniato de Cobre Cromatado (CCA).....	36
3.5.2	Boro de Cobre Cromatado (CCB).....	37
3.5.3	Tratamento em Autoclave	39
3.6	ENSAIO DE RESISTÊNCIA A DELAMINAÇÃO.....	39
3.7	ENSAIO DE FLUÊNCIA	40
3.8	ENSAIO DE CISALHAMENTO	40
3.9	CLASSIFICAÇÃO VISUAL	40
3.10	CLASSIFICAÇÃO NÃO DESTRUTIVA.....	41
3.11	CONCLUSÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS	44

4.1	Classificação Visual.....	44
4.2	Critérios de Classificação Visual:	45
4.3	Classificação Mecânica.....	47
4.4	Montagem das Cruzetas.....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
5.1	Teste de Cisalhamento	58
5.1.1	Madeira Pinus.....	59
5.1.2	Madeira Teca.....	63
5.1.3	Madeira Lyptus.....	67
5.2	Teste de Delaminação	71
5.3	Teste de Fluência.....	71
6	CONCLUSÕES.....	78
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	APÊNDICE A – ENSAIO DE FLUÊNCIA.....	85
	Anexo I - ENSAIO DE RESISTÊNCIA A DELAMINAÇÃO.....	114
	Preparação das laminas dos Corpos de Prova	114
	Preparação dos Corpos de Prova	115
	Ciclo de Delaminação	115
	Interpretação dos Resultados	117
	Anexo II - ENSAIO DE FLUÊNCIA	118
	Preparação do teste	118
	Preparação dos Corpos de Prova	119
	Condicionamentos dos Corpos de Prova	120
	Procedimentos do Ensaio.....	120
	Interpretação dos Resultados	121

1 INTRODUÇÃO

A utilização da madeira tem apresentado ao longo do tempo um importante papel, por ser um material de característica única, de grande abundância, alta capacidade estrutural, valor estético, propriedades termo-acústico, ótima relação resistência/peso, baixo consumo energético para a sua produção, um material facilmente obtido e de fonte renovável. O ciclo de regeneração ou campo de sustentação pode-se facilmente superar o volume que está sendo utilizado.

Atualmente a madeira é um excelente material para a concepção e construção de estruturas inovadoras, devido principalmente aos avanços recentes da tecnologia nas áreas de produção, controle tecnológico, processamento e técnicas construtivas. Além disso, as modernas estruturas de madeira são esteticamente agradáveis, tecnicamente confiáveis, sustentáveis e em muitos casos economicamente competitivas.

Nos últimos anos, devido à grande preocupação com o impacto ambiental, sustentabilidade e necessidade de utilizar elementos estruturais de qualidade, juntamente com o avanço na tecnologia dos adesivos, ocorreram grandes evoluções nos produtos derivados da madeira, principalmente pela possibilidade do emprego de madeiras provenientes de florestas plantadas, tornando esses produtos ecologicamente corretos, propiciando assim novos campos de aplicação e garantindo um sólido mercado consumidor. Além da redução dos agravos ambientais, os Produtos Engenheirados de Madeira proporcionam um menor uso da madeira maciça e praticamente a utilização de 100% de matéria prima para sua manufatura.

No Brasil, o único programa de qualidade da madeira realizado até o momento foi o PNQM (Programa Nacional de Qualidade da Madeira) realizado pela ABIMCI (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente). Este programa teve como alvo principal o controle de qualidade na produção e certificação de compensados de madeira tropical e combinados de madeira tropical e pinus. Este programa teve início em fevereiro de 2002 e, contou com a participação de vários produtores localizados nos estados de Maranhão, Para, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Santa Catarina.

O sistema de controle de qualidade da madeira e de produtos engenheirados de madeira precisa ser implementado para o sucesso da utilização do material. Considerando a experiência no uso das normas internacionais no assunto e a globalização, as normas brasileiras devem ser baseadas nas normas internacionais e adaptadas para as condições e materiais nacionais.

A Madeira Laminada Colada (MLC) é um produto engenheirado de madeira que requer precisão de fabricação em todos os seus estágios. O produto acabado pode somente ser testado em condições laboratoriais. Entretanto, é necessário o controle de qualidade na produção para assegurar que as propriedades da MLC sejam adequadas com os requisitos especificados para o material de acordo com as normas vigentes (CAN/CSA 0177 - 2006).

O sistema de controle de qualidade é definido pelas ações realizadas por um fabricante em relação aos materiais, métodos, equipamentos, mão-de-obra e produto final, para satisfazer aos requisitos necessários de uma norma de controle de qualidade (AITC 115, 2005).

Nos Estados Unidos, o AITC (American Institute of Timber Construction) é a instituição reconhecida para realizar o programa de controle de qualidade da madeira estrutural (AITC TN10).

O referido programa de qualidade é integrado por especialistas no processo de certificação, o que permite alcançar a qualidade do produto final em como a confiança do consumidor.

Para prever a performance estrutural da MLC com base nesse programa, é necessária a realização de ensaios mecânicos diários, a definição de sistemas de avaliação em pontos estratégicos da produção, assim como a inspeção constante durante o processo de produção. Destaca-se que todas essas atividades devem ser auditadas e verificadas por inspetores credenciados.

2 O OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é propor um método de ensaio para a avaliação de combinações de espécie de madeira, tipos de adesivos e produtos de tratamentos preservativos para a madeira a ser empregada na produção de elementos estruturais industrializados de madeira laminada colada. Além disto, pretende-se avaliar os métodos de ensaios propostos a partir das normas internacionais, determinar a classe de uso para três espécies de madeira com dois tipos de adesivos e três tipos de tratamentos preservativos. Para esta finalidade foram avaliados os métodos propostos nas normas internacionais sobre o assunto e realizados os ensaios com espécies de madeiras plantadas no Brasil, tipos de preservativos atualmente utilizados na indústria brasileiros e adesivos estruturais comerciais. Os resultados destes estudos forneceram informações valiosas que devem aumentar a utilização da madeira de reflorestamento tratada e sem tratamento em Madeira Laminada Colada no Brasil.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Madeira Laminada Colada

A fabricação da madeira laminada colada reúne duas técnicas bastante antigas. Como o próprio nome indica, a MLC foi concebida a partir da técnica da colagem aliada à técnica da lamelagem, ou seja, da reconstituição da madeira a partir de lamelas (neste caso entendidas como tábuas).

Chama-se, portanto, "Madeira Laminada Colada" o material produzido a partir de lamelas (tábuas) de dimensões relativamente reduzidas se comparadas às dimensões da peça final assim constituída. Essas lamelas, unidas por colagem, ficam em uma disposição de tal maneira que as suas fibras estejam paralelas entre si.

Pelo que se tem conhecimento, a sua aplicação concreta teve início no século XIX. O exemplo mais marcante que pode ser citado é o de arcos compostos por lamelas (tábuas) encurvadas e sobrepostas, mantidas unidas por ligações mecânicas.

No entanto, a junção das duas técnicas, para dar origem à Madeira Laminada-Colada (MLC) empregada na fabricação de elementos estruturais a serem utilizados na construção civil, só foi possível, com o surgimento de colas de alta resistência. Foi, portanto, em 1906, com a obtenção do adesivo à base de caseína (produto derivada do leite) que o mestre carpinteiro suíço Otto Hetzer teve a idéia de substituir as ligações metálicas de braçadeiras e parafusos, utilizadas no final do século XIX. Com isso, obteve-se uma seção mais homogênea e sem a ocorrência de deslizamentos entre as lamelas (Revista REMADE, 2003).

Daí para frente, a MLC evoluiu em paralelo com o progresso ocorrido com as colas, que foram se tornando cada vez mais eficientes.

No entanto, foi em 1940, com o desenvolvimento dos adesivos sintéticos que o sistema laminado-colado experimentou o seu grande progresso.

Essa técnica, que de alguma maneira surgiu também da necessidade de utilização da madeira de reflorestamento, em particular do gênero *Pinus*, disponível em abundância em alguns países do hemisfério norte, teve nessa madeira de fácil trabalhabilidade, a sua grande aliada.

A aplicação da MLC pode se dar sob as mais variadas formas estruturais. O seu emprego vai desde pequenas passarelas, escadas e abrigos até estruturas de grandes vãos concebidas sob variadas formas estéticas.

Apenas para mostrar o potencial do mercado das estruturas de MLC, verifica-se que só na França, chegou a existir mais de 40 indústrias trabalhando na fabricação de estruturas de MLC, distribuídas nas diversas regiões do país (Revista REMADE, 2010).

É possível colar praticamente todas as madeiras. Entretanto, algumas espécies possuem características físicas e químicas que exigem o emprego de colas especiais ou a modificação das colas normalmente comercializadas para o uso em madeiras.

Normalmente, as espécies mais aconselhadas para o emprego em MLC são as das coníferas e algumas folhosas.

Internacionalmente, a utilização de elementos estruturais laminados, incluindo a madeira laminada colada (MLC), tem aumentado ao longo dos últimos anos (Sellers, 2001). A seleção do adesivo utilizado para elementos estruturais de madeira depende fundamentalmente das condições do ambiente onde ela se insere e das condições de exposição (Pizzi, 1984; Loja 2001). Os adesivos comumente utilizados na fabricação de madeira laminada colada no Brasil são as poliuretanas e os à base de resorcinol, com cura à temperatura ambiente. Tais adesivos apresentam alta resistência à umidade, tornando-os aptos para uso exterior.

Porém, quando se utiliza a madeira neste tipo de ambiente requer-se um tratamento especial, ou seja, deve-se tratar a madeira em um processo de impregnação preservativa à demanda biológica. O principal problema é que os adesivos comerciais nem sempre aderem à madeira tratada de forma consistente para satisfazer as exigências industriais para a resistência à delaminação (Vick, 1995). O desempenho do adesivo é de fundamental importância para o adequado aproveitamento do potencial da madeira tratada na produção de madeira laminada colada (MLC). Acredita-se que o tratamento CCA inibe a adesão, pois os materiais metálicos insolúveis contidos no CCA precipitam sobre a parede celular da madeira, interferindo com o contato direto entre a madeira e a resina, reduzindo a durabilidade da união interfacial (Vick 1993; Zhang et al. 1997; Zhang e Kamdem, 2000). Outras publicações indicam resultados satisfatórios com o tratamento CCA na qualidade adesiva da madeira tratada.(Lojas e Miller 1997).

Outros fatores também influenciam a qualidade da ligação adesiva na preservação da madeira tratada. Informações experimentais que sinalizam o efeito e a importância do tipo de acabamento de superfície na madeira sobre a estrutura microscópica da parede celular e sua relação com a penetração do adesivo (Singh, 2002). As espécies utilizadas e a qualidade da

madeira também influenciam a capacidade de retenção do conservante, que podem resultar em uma distribuição não-uniforme na madeira (Guo et al., 2002).

Como a utilização de produtos de MLC ainda não é muito difundida no Brasil, é evidente que estudos devem ser realizados no requisito de Espécie – Adesivo - Tratamento para uma caracterização das madeiras que melhor possam se adaptar a essa técnica. Devem ter destaque nessa investigação, principalmente as madeiras provenientes de florestas plantadas. Na maioria dos casos a escolha da cola, entre caseína, resorcina ou uréia-formol, e mais recentemente a melamina, depende mais das condições de uso da estrutura do que do tipo da madeira. Logo, é preciso levar em consideração principalmente o meio a que a estrutura vai estar submetida, ou seja, temperatura e teor de umidade.

Apesar da MLC ser um produto do século XIX no Brasil, existem apenas duas indústrias de MLC, sendo uma no estado do Rio Grande do Sul e uma no estado de Goiás. O custo da MLC nessas indústrias é da ordem de R\$ 4.000,00 (quatro mil reais), algo em torno de US\$ 2.000,00 (dois mil dólares estadunidenses) por metro cúbico, o que inviabiliza, no momento, a sua competitividade com madeiras serradas tropicais e de reflorestamento. Somente para informação a MLC no Chile custa 750 dólares o metro cúbico e, nos Estados Unidos e Canadá na ordem de 1000 dólares o metro cúbico.

3.2 Normas internacionais a respeito do assunto

O sistema de controle de qualidade é definido pelas ações realizadas por um fabricante em relação aos materiais, métodos, equipamentos, mão-de-obra e produto final, para satisfazer os requisitos necessários de uma norma de controle de qualidade (AITC 115, 2005).

O programa de qualidade conta com vários especialistas que entendem da importância do processo de certificação para conseguir a confiança do consumidor e a qualidade final do produto.

Para prever a performance estrutural da MLC com base nesse programa é necessária a realização de ensaios diários, sistemas de avaliação em pontos estratégicos da produção e inspeção constante durante o processo de produção. Destaca-se que todas essas atividades devem ser auditadas e verificadas por inspetores credenciados.

Considerando que no Brasil ainda não existe uma norma específica de qualificação para os fabricantes no MLC e o promissor mercado futuro, neste trabalho são apresentadas algumas recomendações para a qualificação de produtos de MLC baseada nas Normas Canadenses CSA 0177-2006, estadunidenses AITC A190.1-2007, Européia EN 386-2001 e Chilena NCh2148.cR2010, com ênfase principal no sistema de controle de qualidade dos materiais empregados na produção de MLC. Este estudo mostra que as recomendações dadas pelas mesmas são bem similares e, optou-se por adotar, principalmente, a Norma Americana A190.1-2007 por ser a mais completa, por apresentar detalhadamente os métodos de ensaios dos materiais e, porque, a proposta de revisão da NBR 7190/97 referente a MLC, apresenta suas recomendações de materiais e cálculo estrutural baseados na mesma norma.

A Norma Canadense CAN/CSA 0177 em vigor a partir de 6 de fevereiro de 2006, intitulada “Qualification code for manufacturer of Structural Glued Lamelated Timber” apresenta: abrangência da norma, referências normativas, definições, certificação, pessoal e equipamentos, controle de qualidade, fabricação, manuais necessários e ensaios de qualificação. Em seu item 6, a norma descreve a organização do controle de qualidade com ênfase em medidas, tipos de equipamentos e respectivas precisões requeridas para o controle de qualidade, registros necessários e experiência do pessoal envolvido do sistema. Alguns métodos de ensaios propostos para a qualificação são baseados na norma americana. Os ensaios de qualificação recomendados são os mesmos da ANSI/A – 190, ou seja: testes de cisalhamento, delaminação cíclica, adesivos e juntas de topo (permite ensaios de flexão ou de tração). Esta norma também apresenta no seu anexo D (informativo) modelos de certificação de qualificação, de conformidade, e de marcas de registro.

A Norma Européia EN 386, em vigor a partir de outubro de 2001, intitulada “Glued Lamelated Timber – Performance requirements and minimum production requirements” apresenta-se dividida em sete itens, sendo estes: abrangência, referências normativas, termos e definições, símbolos, requisitos dos materiais, requisitos de produção, e controle de qualidade. Em seu item 7 apresenta as recomendações para o controle de qualidade de MLC. Algumas particularidades dessa norma em relação a A190 referentes ao controle de qualidade são:

- a) Espécies de madeira usadas e recomendadas para MLC: European whitewood (*Picea abies*, *Abies alba*); European redwood (*Pinus sylvestris*); Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). Relata ainda que as seguintes espécies tenham sido utilizadas para a fabricação de MLC: Hemlock (*Tsuga heterophylla*), Corsican Pine and Austrian black pine (*Pinus nigra*); Larch (*Larix decidua*); Maritime Pine (*Pinus pinaster*); Poplar

(*Populus robusta*, *Populus alba*); Radiata Pine (*Pinus radiata*); Sitka spruce (*Picea sitchensis*); Western red cedar (*Thuja plicata*).

- b) Espessura das lamelas menor ou igual a 45 mm;
- c) Emendas de topo: adota o ensaio de flexão de viga (EN 385) e não o de tração na lamela;
- d) Documentação: Manual de qualidade de produção deve conter informações da estrutura organizacional do sistema de controle de qualidade utilizado, procedimentos para especificação e verificação do controle de qualidade da madeira e do adesivo, controle de produção, processos de ações sistemáticas a serem usadas, inspeções e ensaios a serem realizados antes, durante e após a produção, e frequências na qual os procedimentos são conduzidos. A documentação deve ser guardada por 10 anos.
- e) Instalação, equipamentos, pessoal e manuais devem estar disponíveis para as inspeções e ensaios periódicos não programados pelas agências de inspeção credenciadas.

3.3 As Madeiras de Reflorestamento no BRASIL

Segundo a ITTO (Tropical Timber Market Report, 2009) os Eucaliptos e os Pinus dominam as plantações nas florestas do Brasil. As plantações florestais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico do país, contribuindo para a produção de bens e serviços, agregando valor aos produtos florestais e gerando empregos, câmbio, impostos e renda. No entanto, estima-se que as plantações florestais representam cerca de apenas 1,5% das florestas existentes no Brasil, embora desempenhem um papel importante no mercado de produtos florestais para cerca de 70% da produção total de madeira industrial.

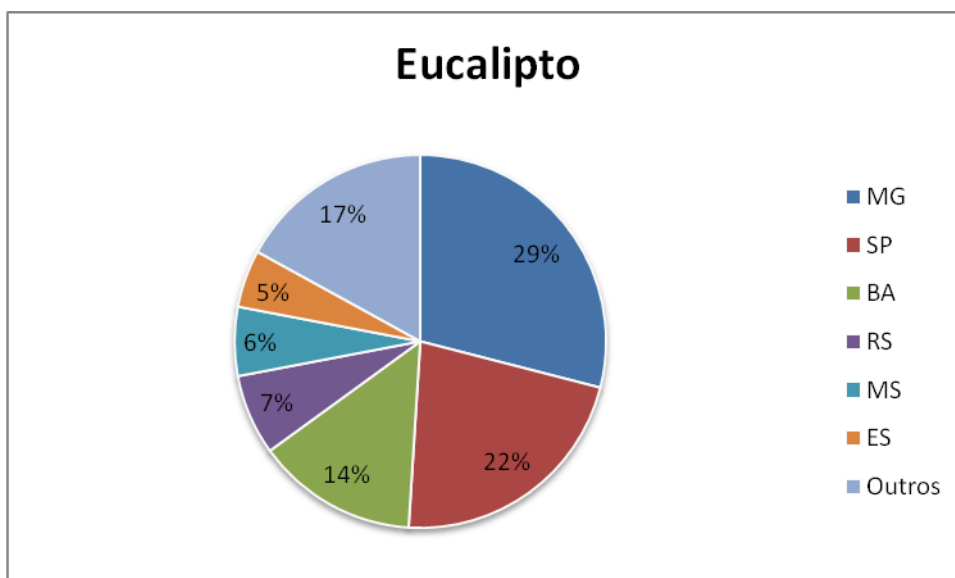
A plantação total do país está estimada em 6.582.700 hectares, em 2008, sendo que 93% dos quais são dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Os 7% restantes se referem a outras espécies, nomeadas Acácia (*Acacia parviceps*), Seringueira (*Hevea brasiliensis*), Paricá (*Piptadenia Peregrina*), Teca (*Tectona grandis*) e Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*). As principais espécies plantadas no Brasil são investimentos para o lucro; e de programas de florestamento e reflorestamento de empresas florestais para assim fornecer madeira para as indústrias bem

estabelecidas e diversificadas do país (por exemplo, papel e celulose, madeira de Pinho/madeira serrada, painéis de madeira, aço, madeira de energia).

Essas plantações estão orientadas a atender às demandas de madeira industrial no país, tanto para os mercados interno e como exportação. A alta produtividade das plantações, os custos de produção relativamente baixos, a extensa área de terra e de tecnologia avançada no Brasil proporcionam vantagens comparativas e competitivas no estabelecimento de florestas plantadas, aumentando a importância do país no segmento dos produtos florestais de crescimento.

Vale ressaltar que cresce cada vez mais a importância dos programas de plantação florestal e da parceria entre grandes empresas e pequenos e médios proprietários rurais nos últimos anos.

Plantios florestais de eucalipto e Pinus foram estimados em 6.121.911 hectares em 2008. Os Eucaliptos representaram 4.259.000 hectares, enquanto que os pinheiros contabilizados 1.867.000 hectares. O Gráfico 1 mostra a distribuição de mudas de eucalipto e floresta de pinheiros plantados nos principais estados brasileiros.



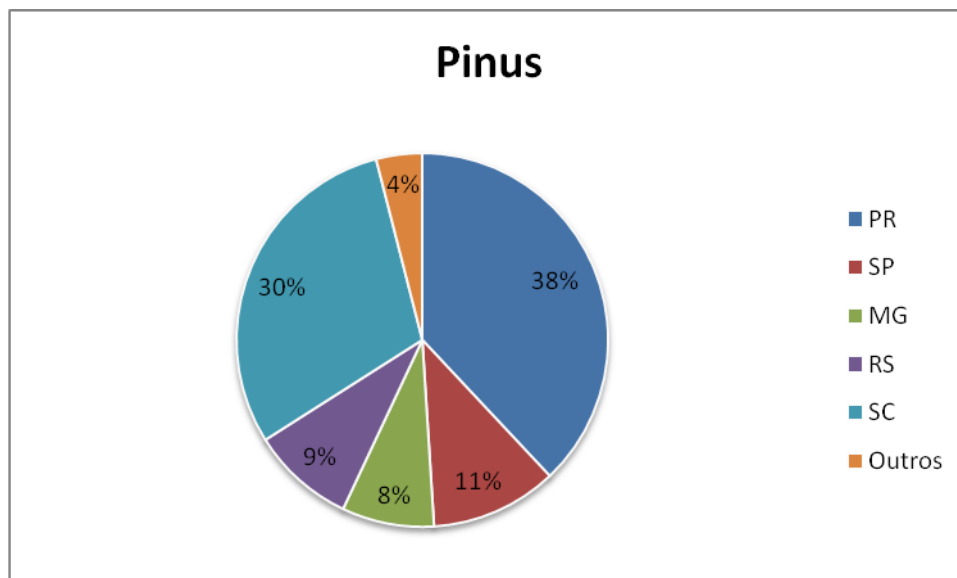


Gráfico 1 - Distribuição de florestas de eucalipto e Pinus por estado no Brasil, 2008 (ABRAF e STCP, 2009).

Fonte: ITTO (Tropical Timber Market Report, 2009)

Um total de 1.439.276 hectares de pinheiros plantados no Brasil em 2008 (77%) se concentra no Sul (estados do RS, SC e PR). A região Sudeste compreende 56% da área plantada de Eucaliptos no país (ES, SP e MG). Minas Gerais possui o maior conjunto de Eucalyptus e Pinus área plantada no Brasil (1.423.212 ha), seguido por São Paulo (1.142.199 ha).

A associação que estabelece as plantações florestais das maiores empresas brasileiras, estão associadas à ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas). Estas empresas, juntas, respondem por 55% da área total plantada no país. Como para as florestas plantadas pelo segmento industrial entre os membros da ABRAF, a maior área pertence a empresas do segmento de papel e celulose (76% de Pinus e 70% de eucalipto). Quanto ao Pinus, os segmentos de painéis reconstituídos de ferro e concentrado a indústria do aço, respectivamente, são responsáveis por 15% e 9% da área plantada. Por outro lado, para o eucalipto, 21% da área pertencem à indústria de ferro e aço, e 6% para as empresas do painel reconstituído entre os membros da ABRAF. A maioria das empresas do setor florestal foi afetada pela crise econômica mundial desde o último trimestre de 2008. Como os investimentos futuros no setor de florestas plantadas dependem da recuperação da economia, os investimentos em plantios florestais para os próximos anos deveriam ser reduzidos com o plantio em 2009, sendo possivelmente o mais afetado.

Apesar de espécies dos gêneros eucalipto e do Pinus serem espécies dominantes plantadas no Brasil, outras espécies, como acácia / acácia, seringueiras, paricá e teca contam

para uma parte significativa das chamadas outras espécies. Eles também merecem a devida atenção à sua importância econômica e de recente expansão da sua área de plantio. A Tabela 1 apresenta as áreas florestais e de plantações de aspectos relevantes de outras espécies plantadas no Brasil.

Tabela 1 - Áreas florestais e de plantações de aspectos relevantes de outras espécies plantadas no Brasil.

Espécie	Nome Científico	Estado com maior abundância	Área (ha)	Usos
Acácia	<i>Acacia mearnsii</i> e <i>Acacia mangium</i>	RS, RR	181.780	Madeira: Energia, carvão, polpa, painéis. Tannin: couro, adesivos, óleo, borracha
Seringueira	<i>Hevea Brasiliensis</i>	Região da Amazônia, SP, BA, MS	117.506	Madeira: energia, polpa Seiva: borracha
Parica	<i>Schizolobium amazonicum</i>	PA, MA	80.177	Compensado, papel, moveis, molduras
Teca	<i>Tectona grandis</i>	MT, AM, AC	58.813	Construção civil, pisos e decks, movem e decorativos
Pinheiro do Paraná	<i>Araucaria Angustifolia</i>	PR, SC	12.525	Madeira serrada, acabamentos, madeira estrutural, lápis, carretel
Populus	<i>Populus ssp</i>	PR, SC	4.022	Palitos de fósforos, partes de moveis, portas, madeira para o interior,
Outros	-	-	1867	-
	TOTAL		456.689	-

Fonte: ITTO (Tropical Timber Market Report, 2009)

As plantações de Acácia / Wattle no Brasil (*Acacia mearnsii* e *Acacia mangium*) estão concentradas no Rio Grande do Sul (South) e Roraima (Norte). No Rio Grande do Sul, a Acácia-negra é cultivada por milhares de pequenos produtores florestais, empresas que abastecem o segmento de tanino (extraído da casca de acácia). Produção de acácia é projetado para atender tanto a demanda externa e interna, com conseqüente emprego e geração de renda no Brasil. A madeira de acácia-negra é usada como lenha, para a produção de carvão vegetal e exportada como lascas de madeira para celulose, principalmente para o Japão. Além disso, parte do Brasil na produção de tanino é exportada para mais de 50 países.

A Seringueira (*Hevea brasiliensis*) é cultivada para extração de borracha de látex para a produção de borracha natural, enquanto sua madeira pode ser usada para lenha ou para

produção de móveis. A espécie é originalmente encontrada na Amazônia brasileira, mas é plantada nos estados do Norte. Minas Gerais tem condições naturais (solo, clima, topografia e disponibilidade de água) e localização geográfica favorável para expandir as plantações de seringueira em grande escala para as atividades do agronegócio, de acordo com a EPAMIG (Agricultura e Pecuária do Instituto de Pesquisa de Minas Gerais). Assim, espera-se que as plantações de seringueira aumentem progressivamente no estado. Essa vantagem competitiva tem sido explorada por muitos anos em estados como São Paulo, Mato Grosso, Bahia e Mato Grosso do Sul. A EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) realizou um estudo com base na estratégia brasileira para evitar a importação da borracha natural, utilizada como matéria-prima para vários produtos.

As plantações de teca (*Tectona grandis*) no Brasil estão localizadas principalmente em Mato Grosso, Amazonas e Acre. É considerada uma das madeiras mais valorizadas no mercado internacional, que é a razão para a sua expansão em áreas de plantio nos últimos anos. Seus principais usos são para a construção civil (portas, janelas, painéis, tetos, etc), pisos e pavimentos, mobiliário, construção naval (telhados, pisos, tetos), lamelas decorativas, decoração e enfeites em geral (escultura e talha). A Teca foi plantado cerca de 25-30 anos no Brasil (com uma área por esse tempo muito pequeno quando comparado com o plantio de corrente total de quase 60.000 hectares - principalmente em Mato Grosso). Assim, a maioria das plantações ainda está em uma idade jovem (ainda não gerenciado / desbaste). As plantações estão concentradas entre 10 grandes empresas e apenas poucos deles têm florestas maduras o suficiente para produzirem produtos de alto valor da madeira para exportação. As restantes empresas estão prestes a iniciar o gerenciamento de suas plantações jovens (desbaste de baixa idade de 8), e será, portanto, produzir toras de pequeno diâmetro para baixo os mercados finais produto interno bruto (lenha / resíduos).

As plantações florestais de Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*) estão localizadas principalmente nos estados do sul, Paraná e Santa Catarina. A utilização principal é para madeira serrada e laminas, produtos de madeira sólida, tais como tetos e madeira, mobiliário, celulose de fibra longa, entre outros. Apesar de sua importância para certas regiões a área plantada de araucárias no Brasil diminuiu nos últimos anos. Isto é principalmente devido à sua substituição por outras espécies de rápido crescimento e leis que restringem o corte da araucária (incluindo florestas naturais e plantadas). Além disso, a Portaria IBAMA Administrativa (Instrução Normativa) 06/08 lista a araucária como uma espécie nativa ameaçada, portanto, está sujeita a restrições legais sobre a sua colheita, para quaisquer fins, que pode ser feito através de uma licença ambiental obtida da competente agência.

3.3.1 Pinus

Espécies de *Pinus* vêm sendo introduzidas no Brasil há mais de um século para variadas finalidades. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus como curiosidade, para fins ornamentais e para produção de madeira. As primeiras introduções de que se tem notícia foram de *Pinus canariensis*, proveniente das Ilhas Canárias, no Rio Grande do Sul, em torno de 1880 (Revista REMADE, 2006)

Por volta de 1936, foram iniciados os primeiros ensaios de introdução de *Pinus* para fins silviculturais, com espécies européias. No entanto, não houve sucesso, em decorrência da má adaptação ao nosso clima. Somente em 1948, por intermédio do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas, para ensaios, as espécies americanas conhecidas nas origens como "pinheiros amarelos" que incluem *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda*. Dentre essas, as duas últimas se destacaram pela facilidade nos tratamentos culturais, pelo rápido crescimento e pela reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil. Desde então um grande número de espécies continuou sendo introduzido e estabelecido em experimentos no campo por agências do governo e empresas privadas, visando ao estabelecimento de plantios comerciais. A diversidade de espécies e raças geográficas testadas, provenientes não só dos Estados Unidos, mas também do México, da América Central, das ilhas caribenhas e da Ásia foi fundamental para que se pudesse traçar um perfil das características de desenvolvimento de cada espécie para viabilizar plantios comerciais nos mais variados sítios ecológicos existentes no país.

O *Pinus oocarpa* está entre as espécies de *Pinus* tropicais mais difundidas pelos trópicos. Ela é originária do México e América Central, com distribuição natural mais extensa no sentido noroeste-sudeste entre os *Pinus* da região. O seu habitat natural varia desde clima temperado-seco, com precipitação entre 500 mm e 1.000 mm até subtropical úmido, com precipitação em torno de 3.000 mm anuais. O melhor desempenho desta espécie é obtido no planalto, especialmente no Cerrado, dada a sua tolerância à seca. A sua madeira é moderadamente dura e resistente, de alta qualidade para produção de peças serradas para construções e confecção de chapas. Além de madeira, *P. oocarpa*, também, produz resina em quantidade viável para extração comercial. Esta espécie produz muitas sementes, o que facilita a expansão dos seus plantios. Em locais de baixa altitude ou na planície costeira, esta espécie apresenta crescimento lento, com má forma de fuste, além de se tornar suscetível a várias doenças.

3.3.2 *Eucalyptus grandis*

As espécies do gênero *Eucalyptus* têm sua origem na Austrália e ilhas da Oceania e se caracterizam por serem árvores de grande porte e de rápido crescimento. Estima-se que na Austrália existem cerca de 720 espécies de eucalipto, das quais aproximadamente 100 são utilizadas para obtenção de produtos de madeira. No Brasil, as espécies do gênero eucalipto foram introduzidas por Edmundo Navarro de Andrade no início século XX no Estado de São Paulo. Desde então uma grande variedade de espécies têm sido estudadas a nível experimental e algumas já consolidadas para plantios em florestas de produção. Dentre as espécies mais utilizadas em plantios comerciais destacam-se o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Corymbia citriodora* e clones de várias espécies com características desejáveis sobre ponto de vista silvicultural e para produção de madeira.

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie natural do norte de Nova Gales do Sul e ao sul de Queensland, entre as latitudes 25 e 33° Sul. Na área de maior ocorrência, as altitudes variam desde próximas ao nível do mar até 600 m e entre 500 e 1.100 m nas áreas mais ao norte. O clima varia de subtropical úmido (área sul) ao tropical úmido. Na principal área de ocorrência, a temperatura média das máximas do mês mais quente está na faixa de 24 a 30°C, e a média das mínimas do mês mais frio de 3 a 8°C. Nos locais de maior altitude, podem ocorrer geadas ocasionais. A precipitação média anual está em torno de 1.000 a 3.000 mm, com maior precipitação no verão, principalmente no centro e no norte de Queensland. A madeira de *Eucalyptus grandis* é de tom branco rosado, é leve e apresenta bom comportamento em principais operações de usinagem, indicando um alto potencial para o setor de madeira serrada e moveleiro. O *Eucalyptus grandis* é considerado entre os melhores eucaliptos para movelaria e proporciona uma boa colagem e acabamento superficial. No Brasil, a madeira de *E. grandis* é utilizada para produção de formas de concreto, carpintaria, estruturas de telhados, caixaria, embalagens e pallets. Em menor escala, são produzidos móveis rústicos, estrados para camas, forros, cabos, vigas laminadas, escadas, molduras de móveis, brinquedos, entre outros (Revista REMADE, 2008)

3.3.3 Lyptus

Lyptus® é uma madeira considerada nobre, totalmente extraída de florestas renováveis a partir de árvores plantadas, o que assegura um suprimento confiável e ambientalmente sustentável. Essa é uma das suas principais vantagens em relação às madeiras nobres tradicionais, como o mogno, o jacarandá, o marfim e a imbuia.

Afinal, para cada árvore derrubada, uma outra é replantada, preservando as matas e toda a sua biodiversidade. Além de ser ecologicamente correta, a madeira Lyptus® é desenvolvida com o cruzamento de árvores selecionadas, que lhe conferem mais versatilidade, durabilidade e beleza. Assim você pode optar por uma madeira nobre, sem correr o risco de agredir o meio ambiente e sem pagar mais por isso, porque, apesar de todo o estudo, o manejo e a dedicação que o Lyptus® exige, isso não se reflete no ser valor final para o consumidor, tendo um custo equivalente ao de outras madeiras nobres (Fergon, 2008).

3.3.4 Teca

A madeira de *Tectona grandis*, cujos nomes populares são a Teca, Teak e Djati, só pode ser cultivada em áreas tropicais, mas possui grande demanda, principalmente no continente europeu, superando os preços do Mogno. A madeira Teca é usada principalmente na fabricação de esquadrias, devido à sua resistência às intempéries. Também é usada na produção de móveis, embarcações e decorações. Planta rústica, de rápido crescimento e muito resistente ao fogo, às pragas e às doenças. A tora de desbaste, com diâmetros entre 15 e 20 centímetros, pode ser comercializada no exterior a preços que variam de US\$ 700 a US\$ 1.200, o m³. A Teca destaca-se em frente ao mogno e outras espécies nativas pela rusticidade e rápido crescimento em altura. Na lista das espécies requisitadas pelo mercado internacional, a Teca é nativa das florestas tropicais do Sudeste Asiático. É uma árvore de grande porte, podendo alcançar 2,50 metros de diâmetro e 50 metros de altura. Seu tronco é habitualmente retilíneo, de seção circular e reduzida conicidade. A casca (figura 1) é gretada e de cor cinza ou marrom, mede cerca de 15 mm e é considerada termo-isolante, com resistência ao fogo. As folhas (figura 2), de inserção oposta, podem alcançar 60x80 cm e as flores, de cor creme, são pequenas, numerosas e

encontram-se reunidas em inflorescências do tipo panícula (forma piramidal). A floração é intensa e inicia cerca de um mês após as primeiras chuvas, estendendo-se por mais de 60 dias. O fruto (figura 3) é uma drupa, mede de 1 a 2 cm de diâmetro e pode conter até quatro sementes. A Teca é uma espécie que ocupa com velocidade as clareiras abertas na floresta, é também uma planta heliófita (exige plena exposição à luz solar), não tolerando qualquer forma de sombreamento. Seu crescimento inicial em altura é muito rápido, chegando aos três metros no primeiro ano e aos cinco metros, ou mais, no segundo, o que torna a espécie muito viável comercialmente (Revista REMADE, 2010).

É uma madeira estável, praticamente não empena e pouco se contrai durante a secagem, além de resistir às variações na umidade do ambiente. Trata-se de uma propriedade essencial no caso de portas, janelas e gavetas, permitindo que abram, fechem e corram sem dificuldades. A Teca é durável, pois seu cerne não é atacado por cupins, carunchos ou outros insetos. É imune à ação dos fungos apodrecedores de madeira, podendo ser enterrada, exposta ao tempo ou à água do mar, sem sofrer danos. A durabilidade do cerne deve-se a “tectoquinona”, um preservativo natural contido nas células da madeira. Tanto o alburno, como o cerne da Teca, contêm outra substância, denominada “caucho”, uma espécie de látex que reduz a absorção de água e lubrifica as superfícies, reduzindo a abrasão. Outra característica da Teca é a resistência a ácidos e a proteção do ferro – pregos e parafuso da corrosão. De textura média e superfície lustrosa, a madeira da Teca pode ser serrada, aplainada, lixada e furada sem dificuldade. Ela apresenta baixo índice de rachaduras e permite acabamento esmerado. Apesar de ser oleosa não apresenta dificuldades na colagem. O cerne recém cortado é esverdeado, alterando para amarelo dourado ou marrom quando exposto à luz e ao ar.

3.3.5 Paricá

A espécie *Shizolobium amazonicum* (paricá) por apresentar rápido crescimento, fuste reto em madeira com elevada cotação no mercado interno e externo, vem sendo bastante cultivada pelas empresas madeireiras da região norte e nordeste do país, principalmente nos Estados do Pará e Maranhão. Segundo o Centro de Pesquisa do Paricá (CPP) localizado no município de Dom Eliseu, no sul do Pará, que representa a grande maioria dos plantadores de paricá dos

Estados do Pará e Maranhão, estima-se que, nestes Estados, existe em torno de 40.000 hectares da espécie plantados.

Ocorre na Amazônia brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana. No Brasil, é encontrado nos Estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia, em solos argilosos de florestas primárias e secundárias, tanto em terra firme quanto em várzea alta. Ocorre em altitudes de até 800m.

A árvore pode alcançar entre 15 a 40m de altura e 50 a 100 cm de DAP. Possui o tronco cilíndrico e reto. A casca, quando jovem, é esverdeada e delgada, tornando-se mais tarde acinzentada, espessa, dura, rugosa e com carreiras verticais de lenticelas; tem odor desagradável almiscarado.

A madeira é mole, leve, com textura grossa, grã direita a irregular, cerne creme-avermelhado e alburno creme claro. Apresenta processamento fácil e recebe bom acabamento, mas possui baixa durabilidade natural, sendo suscetível ao ataque de fungos, cupins e insetos xilófagos. É empregada na fabricação de palitos de fósforo, saltos de calçados, brinquedos, maquetes, embalagens leves, canoas, forros, miolo de painéis e portas, formas de concreto, laminados, compensados, celulose e papel.

A árvore é indicada para plantios comerciais, sistemas agroflorestais e reflorestamento de áreas degradadas, devido ao seu rápido crescimento e ao bom desempenho tanto em formações homogêneas quanto em consórcios. Por sua arquitetura e floração vistosa, pode ser empregada em arborização de praças e jardins amplos. A casca pode servir para curtume e as folhas são usadas como febrífugo por algumas etnias indígenas.

3.4 ADESIVOS PARA MLC

Manter duas superfícies juntas é um trabalho de arte. Existem vários tipos de adesivos, escolhendo o certo dependem acima de tudo os materiais que queremos colar.

As propriedades da madeira possuem um nítido efeito nas ligas adesivas e, geralmente, as madeiras de folhosas apresentam mais dificuldades para colagem do que as de coníferas. As características anatômicas da madeira possuem uma significativa influência na colagem de madeiras, a exemplo da variabilidade na densidade e porosidade que ocorre em: lenhos inicial e tardio, cerne e alburno, e lenho juvenil e adulto. Outrossim, destaca-se a influência da

instabilidade dimensional do lenho de reação, assim como o da direção da grã, em que a penetrabilidade se relaciona com a direção de corte.

Considerando as propriedades anatômicas da madeira, a relevância está voltada aos seus efeitos no movimento do adesivo para o interior da estrutura da madeira, ou seja, relativo à penetração.

Entre as diferenças existentes nas espécies está o padrão de crescimento de cada árvore. Durante a estação de crescimento, formam-se diferentes tipos e tamanhos de células, isto dependendo da demanda geneticamente conduzida, que sofre alterações ao longo do tempo. Então, são formados anéis de crescimento onde grandes células são formadas no lenho inicial, e células robustas no lenho tardio. (Albuquerque, 2005)

Algumas árvores apresentam um crescimento uniforme durante todo o ano e, portanto, produzem anéis menos distintos. Uma característica a ser considerada em madeiras de folhosas é o perfil dos anéis de crescimento, que consiste em: porosidade em anel, difusa, e semidifusa; transição abrupta ou gradual, entre lenho inicial e tardio de coníferas.

Os adesivos devem ser escolhidos considerando as condições climáticas de uso (classes de uso), a espécie de madeira, o preservativo usado e os métodos de fabricação.

Segundo a NCh2148.cR2010, as classes de uso nas quais os elementos estruturais laminados podem se enquadrar são:

Classe de uso 1 (interior) – Corresponde a ambientes internos, protegidos da chuva, de altas temperaturas e de excessos de umidades. Caracteriza-se por um teor de umidade nos materiais correspondentes a uma temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e uma umidade relativa do ar em torno de 65%. Por exemplo, um edifício com circulação e aquecimentos esporádicos, nos quais a madeira permanece com uma umidade menor que 18%, tal é o caso de habitações e escritórios.

Classe de uso 2 (exterior coberta) – Em edifícios com aquecimentos e alta umidade relativa amplia as variações climáticas de umidade e temperatura, como é o caso de lavanderias. Caracteriza-se por um teor de umidade nos materiais correspondentes a uma temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e uma umidade relativa do ar acima de 85%. Por exemplo em elementos expostos a uma atmosfera interior com uma alta umidade relativa, porem protegidos do sol e da chuva, como é o caso de piscinas cobertas, lavanderias, etc.

Classe de uso 3 (exterior) – Caracteriza-se pelas condições climáticas que permitem teores de umidade superiores a da Classe de uso 2. Corresponde a ambientes agressivos que determinam que o teor de umidade da madeira fique a longos períodos de tempo,

freqüentemente, por mais de 19%. Tal é o caso de uma exposição direta ao tempo, a temperaturas maiores de 30 °C, a ambientes de alta umidade relativa ou similares.

Para garantir a integridade (segundo a NCh2148.cR2010), das ligações coladas durante a vida útil do elemento lamelas, deve se classificar os adesivos em dois tipos: I e II, de acordo com as classes de uso em condições climáticas dada na tabela 2:

Tabela 2 - Classificação do tipo de adesivo segundo a norma chilena (NCh2148).

Classe de Uso	Descrição	Umidade de Equilíbrio da Madeira (%)	Temperatura	Tipo de Adesivo
1	Interior	≤ 12%	< 50°C	I
2	Exterior Coberta	≤ 18% para madeiras sem preservação ≤ 20% para coníferas com preservação	< 50°C	I
3	Exterior	Qualquer	Qualquer	II

Obs: Os elementos laminados que posteriormente serão preservados ou tratados com retardantes de fogo, devem ser colados com adesivos do tipo I, pois a água incluída no preservativo submete o adesivo a condições de umidade própria da classe de uso 3.

3.4.1 Adesivo de Poliuretano

O poliuretano é um ligante moderno que permite otimizar as propriedades dos materiais para os mais diferentes campos de aplicação. Como matéria-prima para adesivos, o poliuretano encontra aplicação nos setores industriais de têxteis e madeira e de produtos de couro.

Para a união de peças de madeira, o sistema adesivo requer a umidade contida na madeira. Pode-se prescindir totalmente de solvente e formaldeído. Os elementos de madeira são colados automaticamente e em toda a sua superfície. A quantidade de adesivo necessária por m² e por linha de cola é de aproximadamente 200 gramas. Através da pressão exercida, bem definida, obtém-se uma colagem de alta qualidade. No processo de colagem, a água contida no substrato (ex. a umidade presente na madeira) reage com uma parte do isocianato liberando dióxido de carbono (CO₂) e formando uma amina. Durante a reação, o adesivo expande-se ligeiramente a semelhança do dióxido de carbono contido nas bebidas gasosas. Seguidamente, a

amina reage muito rapidamente com um outro grupo isocianato, resultando uma estrutura reticulada como nos sistemas bicomponentes.

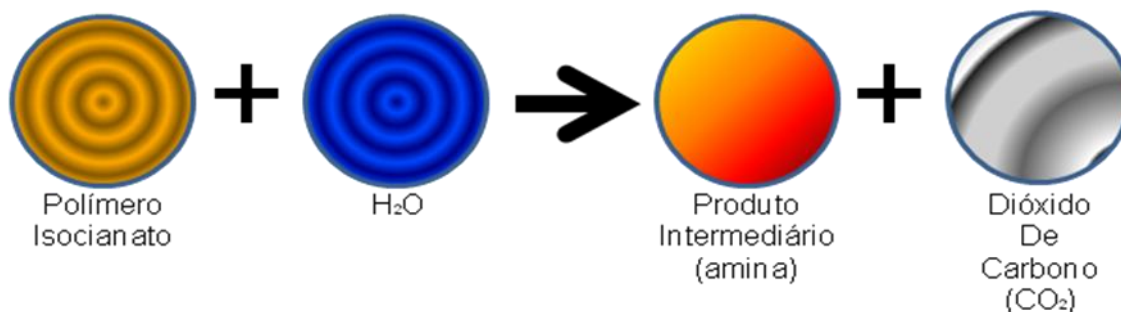


Figura 1 - Reação da estrutura reticulada

3.4.2 Adesivo à base de resorcinol

Esse adesivo é uma resina sintética à base de resorcinol, em solução de álcool ou água, especialmente recomendada para colagens resistentes à água fria ou fervente, muitos solventes orgânicos, a fungos e mofo, ao calor seco ou úmido, etc. Este adesivo é fabricado pela Alba Química Indústria e Comércio Ltda., sendo totalmente à prova d'água, indicado para colagem de madeira pelo processo de cura a frio. Dentre suas aplicações, destacam-se barcos, escadas, caixas d'água, hélices, vigas de MLC entre outros, onde a colagem ficará exposta temporária ou definitivamente à ação da intempérie.

3.5 TRATAMENTO DA MADEIRA CONTRA A DEMANDA BIOLÓGICA

A preservação de madeiras, da forma como ela é praticada hoje, consiste da impregnação da madeira com substâncias tóxicas aos organismos xilófagos, a fim de que estes não possam mais utilizar como alimento para sua sobrevivência e multiplicação.

Entretanto, até hoje, não se descobriu um preservativo para madeira que seja altamente tóxico aos organismos xilófagos e completamente inócuos para os outros animais. As substâncias de baixa toxidez aos animais de sangue quente, apresentam também baixa eficiência

como preservativos para a madeira e as que apresentam boa eficiência como preservativos, apresentam também um certo grau de toxidez ao ser humano.

O preservativo deve apresentar um compromisso entre eficiência e segurança. Ele deve ser eficiente, mas ao mesmo tempo, deve apresentar menor risco possível para quem o manipula.

Preservativos de madeira são toda e qualquer substância química capaz de provocar o envenenamento dos nutrientes celulares da madeira, tornando-a resistente ao ataque e desenvolvimento de organismos xilófagos. Abaixo são descritas algumas propriedades necessárias que os preservativos de madeira devem apresentar:

- ser tóxico a um grande número de organismos xilófagos;
- ter baixa toxidez aos organismos não xilófagos;
- possuir ação duradoura;
- possuir alta fixação na madeira;
- não alterar as características da madeira;
- não provocar alterações nos materiais que estejam em contato com a madeira;
- de preferência, ser incolor, inodoro e insípido;
- não ser inflamável e;
- econômico e de fácil obtenção no mercado.

Difícilmente encontramos um preservativo que reúna todas estas características, entretanto dependendo do tipo de material a ser tratado, somente algumas destas características serão necessárias.

Segundo a norma Chilena (NCh2148.cR2010) o tratamento preservativo sobre a madeira laminada colada deve ser realizado depois de sua fabricação, verificando-se a sua compatibilidade entre o adesivo e o tratamento a se utilizar. Quando as dimensões finas do MLC tornarem o tratamento impossível, deve-se utilizar madeira preservada para a sua fabricação, a umidade da madeira em sua montagem deve ser controlada e deve-se também verificar a compatibilidade do preservativo usado com o adesivo em questão. Assim devem ser seguidas as recomendações dos fabricantes dos preservativos e adesivos para a sua compatibilidade.

3.5.1 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)

A sigla CCA significa “Chromated Copper Arsenate”, em português “Arseniato de Cobre Cromatado”. Porém a sigla CCA permaneceu e tornou-se popular.

Os preservativos CCA são uma família de produtos que apresentam um compromisso satisfatório entre eficiência, durabilidade e segurança e, por essa razão, é hoje o preservativo para madeira mais utilizado no mundo.

Nos dias atuais, há uma preocupação cada vez maior com o risco que a preservação de madeiras possa representar. Com frequência, temos sido inquiridos sobre os perigos que os preservativos e as madeiras tratadas com o mesmo poderiam representar para quem os utiliza.

Os CCA's são preservativos hidrossolúveis que, quando aplicados á madeira, tornam-se virtualmente insolúveis. Protegendo a madeira contra o apodrecimento por fungos, ataque por insetos (cupins ou besouros), ou por furadores marinhos (moluscos e crustáceos). São indicados para tratamento de madeira para uma grande variedade de usos, incluindo dormentes, postes, mourões, construções residenciais e comerciais, estacas e outros.

Há basicamente três tipos de CCA, sendo que a diferença eles é apenas a proporção em que os compostos de cobre, cromo e arsênio estão contidos na formulação.

O CCA é utilizado em três tipos de formulações diferentes (A, B e C), todas contendo cerca de 19 % de óxido de cobre (CuO). A variação nas proporções entre os componentes do produto CCA que identifica cada tipo em particular, é apresentada na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 - Composição do CCA (%)

Componente	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Cromo como CrO ₃	65,5	35,3	47,5
Cobre como CuO	18,1	19,6	18,5
Arsênio como As ₂ O ₅	16,4	45,1	34,0

Sua fabricação no Brasil é regida pela norma NBR – 8456. a formulação mais comumente utilizada no Brasil é o tipo C.

Os CCA's pelo fato de reagirem muito rapidamente com a madeira logo após a impregnação, são indicados somente para tratamento pelo processo de Vácuo – pressão em auto-clave (célula cheia). Essa fixação muito alta e muito rápida, oferece as vantagens de garantir uma permanência longa e eficaz do preservativo na madeira, e de evitar os problemas

de poluição ambiental e de contaminação de pessoas ou animais que mantêm contato freqüente com ela.

Levando-se em consideração que ainda não se descobriu um preservativo para madeira que seja perfeitamente seguro para o homem e altamente efetivo contra a deterioração biológica, os CCA's são preservativos que melhor se aproximam de um compromisso entre eficiência, segurança e custo e benefício, entre as opções hoje existentes.

A usina de tratamento a pressão com CCA, no que diz a respeito á segurança e á prevenção de poluição, devem ser um circuito industrial fechado, onde nada é descartado, e tudo que pode ser é reaproveitado. Suas partes e componentes devem ser mantidos em boas condições, de forma a evitar vazamento ou derramamento do produto e suas soluções.

Na usina, é ainda importante, evitar qualquer possibilidade de contaminação dos depósitos de água com o preservativo ou com a solução preservativa.

3.5.2 Boro de Cobre Cromatado (CCB)

Devido à suspeitas de existir demasiada valorização do arsênio em determinados tipos de ambiente em que a madeira é utilizada, surgiram preocupações sobre a exposição do usuário da madeira tratada com o produto CCA. Ao passo que muitas pesquisas comprovem não haver riscos de contaminação de solo por lixiviação deste elemento químico (especialmente em áreas de playgrounds), a sua valorização ainda é encarada com preocupação, particularmente em ambientes fechados que necessitam calefação por tempo prolongado. Supõe-se que em tais ambientes, além da volatilização do arsênio ser promovida por efeito do aquecimento artificial, não ocorre adequada renovação do ar (o que o deixa com alto teor deste contaminante), pela necessidade de manter a temperatura conseguida pelo sistema de aquecimento.

Pelas hipóteses acima, iniciaram-se pesquisas objetivando a substituição do arsênio do produto CCA, dando origem ao conhecido como CCB, que começou a ser comercializado na Alemanha no início dos anos 60.

O preservativo CCB é um produto alternativo ao CCA, tendo como diferença a utilização do elemento boro em substituição do arsênio. Afora a diferença na composição do produto, com o uso do CCB há uma sensível perda na resistência da lixiviação e na eficiência da proteção da madeira à insetos, especialmente para madeira a ser instalada por longos prazos.

A Tabela 4 mostra a formulação considerada como típica do CCB, a qual contém 40% de ingredientes ativos em relação à massa seca do sal resultante (João Carlos Moreschi, 1990, p.23):

Tabela 4 - COMPOSIÇÃO DO CCB (%)

COMPOSTOS	PORCENTAGEM
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	35,8
H_3BO_3	22,4
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	38,5
NaHSO_4	2,1

Segundo a Montana Química S.A., existem dois tipos de CCB, o Óxido e o Salino:

Óxido: é produzido com matérias primas baseadas em óxidos puros, que garantem a qualidade de um produto com perfeita composição percentual e homogeneização dos ingredientes, além do benefício da não geração de resíduos nas superfícies das madeiras recém tratadas. Quando em contato com a madeira, sofre uma modificação química através de reações de oxidação-redução, tornando-o virtualmente insolúvel em água. Tais reações, conhecidas como de fixação, ocorrem dentro de um intervalo de tempo que depende da temperatura ambiente. Em geral, essa reação se completa dentro de um período de 14 dias após o tratamento.

Salino cujo processo de obtenção resume-se a uma simples mistura de compostos na forma de sais, acarretando problemas de fixação do Boro quando em formulações salinas. Em testes de lixiviação realizados em madeiras tratadas com CCB - Base Salina, comprovou-se que após 150 horas, cerca de 85% do Boro foi lixiviado da madeira; além disso, o CCB a base Salina, devido ao processo produtivo ser de baixa tecnologia, acarreta a formação de resíduos nas superfícies da madeira tratada, podendo trazer como consequência problemas de contaminação ambiental e segurança operacional, além de dificultar possíveis acabamentos e colagens. Tais resíduos de superfície trazem também como consequência o aumento da condutividade da madeira, propriedade indesejável especialmente no caso de postes e dormentes. É importante salientar que o CCB - Base Salina necessita de constantes ajustes de pH durante a sua utilização por meio da adição de ácidos minerais. Devido a isso, as Usinas de Preservação de Madeiras frequentemente enfrentam sérios problemas de corrosão em seus equipamentos.

3.5.3 Tratamento em Autoclave

O processo de imunização, também chamado de preservação, tem como objetivo proteger a madeira da ação de agentes químicos, físicos e biológicos. Visa proteger a madeira do ataque de cupins, fungos, umidade e outros agentes. A madeira em toras é enviada para a usina de preservação, após um período de secagem de 2 a 4 meses, controlada ao ar livre. Esta madeira é então classificada, cortada, descascada e estaleirada no pátio da usina. Em seguida, a madeira é carregada em vagonetas e estas vagonetas entram em uma autoclave, onde será desenvolvido o processo de imunização.

A autoclave é um grande cilindro de aço, normalmente com 2 metros de diâmetro e até 25 metros de comprimento, fabricado para suportar pressões elevadas de até 18 kg/cm^2 . Este cilindro possui uma porta de aço em uma das extremidades, que é totalmente vedada e dimensionada para suportar a elevada pressão de trabalho. Este processo é chamado de "célula cheia" ou "Bethell". Após o carregamento da autoclave, é dado um vácuo (pressão negativa), que retira o ar e a umidade das células da madeira. Em seguida, sem permitir a entrada de ar e com alta pressão, o líquido imunizante preenche todos os espaços vazios da autoclave e da própria madeira. Daí o nome de célula cheia. O líquido imunizante preenche os espaços das células da madeira, que antes eram ocupados pelo ar e pela umidade. Após este período de pressão, novamente é dado um vácuo, que tem como objetivo retirar o excesso de líquido imunizante da superfície da madeira, evitando com isto o gotejamento após a madeira ser retirada da autoclave. Depois de retirada, a madeira é estaleirada novamente, onde permanece por cerca de 15 dias, para se obter uma boa fixação do líquido imunizante.

3.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A DELAMINAÇÃO

As principais referências para este tipo de ensaio são da norma CSA 0112.10, que descrevem o planejamento e a realização dos ensaios correspondentes das cruzetas em estudo.

No anexo I estão relatados os ensaios de delaminação.

3.7 ENSAIO DE FLUÊNCIA

As principais referências para este tipo de ensaio é a norma CSA 0112.10, que descrevem o planejamento e a realização dos ensaios correspondentes das cruzetas em estudo.

No anexo II estão relatados os ensaios de delaminação.

3.8 ENSAIO DE CISALHAMENTO

Nos ensaios de tração e de compressão a força aplicada sobre os corpos de prova atua ao longo do eixo longitudinal do corpo. No caso do cisalhamento, a força é aplicada ao corpo na direção perpendicular ao seu eixo longitudinal.

Esta força cortante, aplicada no plano da seção transversal (plano de tensão), provoca o cisalhamento. Como resposta ao esforço cortante, o material desenvolve em cada um dos pontos de sua seção transversal uma reação chamada resistência ao cisalhamento. A resistência de um material ao cisalhamento, dentro de uma determinada situação de uso, pode ser determinada por meio do ensaio de cisalhamento.

3.9 CLASSIFICAÇÃO VISUAL

A classificação visual é baseada na premissa de que as propriedades mecânicas de uma peça estrutural diferem das propriedades mecânicas de corpos-de-prova isentos de defeitos em função da presença de características de crescimento, e que tais características podem ser notadas e avaliadas pelo olho humano. Com o auxílio de regras de classificação, estas características de crescimento são usadas para selecionar a madeira em classes de qualidade.

3.10 CLASSIFICAÇÃO NÃO DESTRUTIVA

A avaliação não-destrutiva por meio da técnica de vibração transversal empregada neste estudo é baseada na relação existente entre a rigidez e a frequência natural de vibração.

Este método consiste em aplicar um golpe em uma peça de madeira bi-apoiada, tendo um apoio em forma de lâmina em uma de suas extremidades e uma célula de carga na outra. A peça de madeira irá vibrar na sua frequência natural de vibração até que a vibração cesse em função do amortecimento. A frequência em que a peça de madeira irá vibrar dependerá do módulo de elasticidade da madeira, do vão, da densidade e do tipo de apoio.

A célula de carga capta a vibração da viga e transfere o sinal a um circuito condicionador que amplifica e filtra o mesmo. Amplificado o sinal é digitalizado e enviado a um microcomputador que determina a frequência do sinal oscilante.

Para ilustrar o método da vibração transversal, ROSS & PELLERIN (1994) fazem uma analogia do comportamento da vibração de uma viga bi-apoiada com a vibração de um sistema massa-mola amortecido, conforme mostra a figura 3.

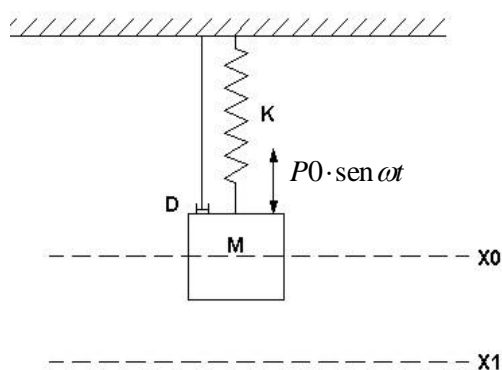


Figura 2 – Massa suportada por uma mola.

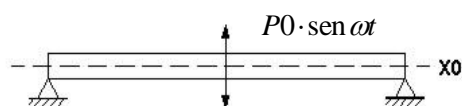


Figura 3 - Viga bi-apoiada

Na figura 2 a massa é suportada por uma mola de rigidez K. A fricção interna, ou amortecimento é denotado por D. Quando a massa M é colocada em vibração, a equação que rege seu movimento pode ser expressa por:

$$M \cdot \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) + D \cdot \left(\frac{dx}{dt} \right) + K \cdot x = P_0 \cdot \text{sen } \omega \cdot t \quad (1)$$

A equação 1 pode ser resolvida em K e D. A solução da equação 1 em K leva a seguinte expressão do MOE para uma viga simplesmente apoiada nas extremidades.

$$MOE = \frac{f_r^2 \cdot W \cdot L^3}{2,46 \cdot I \cdot g} \quad (2)$$

Sendo:

f_r = frequência de ressonância (Hz);

W = massa da viga (Kg);

L = vão da peça (m);

I = momento de inércia da seção transversal (cm⁴);

g = aceleração da gravidade (9,8m/s²).

A figura 4 ilustra um esquema de um equipamento para a determinação do MOE por meio da vibração transversal

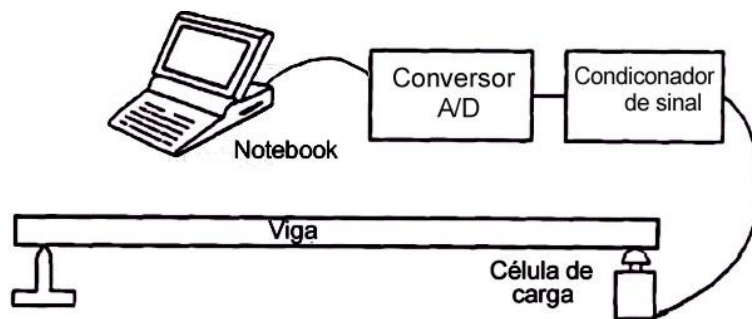


Figura 4 - Esquema de um equipamento para a determinação do MOE por vibração transversal.

3.11 CONCLUSÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando o que foi apresentado neste capítulo, observa-se que o trabalho a desenvolver é oportuno e, em termos de Brasil, inédito. Tais pontos se configuram em aspectos que contribuem para completar a justificativa da proposta, cujas conclusões devem se constituir

em subsídios para ampliar o conhecimento a respeito do assunto e, em futuro próximo, embasar a redação de documento normativo brasileiro relacionado à otimização dos insumos para a produção de madeira laminada colada para as mais diversas finalidades.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi desenvolvido junto ao projeto de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL/EESC: “PD220-07 – CABEÇA DE SERIE DA CRUZETA DE MLC”, no desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas as cruzetas assim produzidas para a análise de três espécies de madeiras de reflorestamento sendo uma conífera *Pinus sp* e duas folhosas *Lyptus* e *Teca*. As três espécies então passam por um processo de classificação visual e mecânica, para que assim sejam montadas em MLC.

4.1 Classificação Visual

A classificação visual é baseada na premissa de que as propriedades mecânicas de uma peça estrutural de madeira diferem das propriedades mecânicas da madeira isenta de defeitos devido às certas características de crescimento, e que tais características podem ser vistas e julgadas pelo olho humano. Com o auxílio de regras de classificação, as características de crescimento são usadas para selecionar a madeira em classes de qualidade visual.

Para a realização da classificação visual da madeira de *Pinus* adotaram-se os critérios da norma brasileira NBR 7190.

Já para a madeira de *Teca* procurou-se adaptar esse critério para a sua classificação, pois não há critérios de classificação visual que especifiquem as dimensões a serem verificadas nas espécies folhosas de madeira.

As peças de *Teca* utilizadas na classificação visual e mecânica foram obtidas a partir de árvores jovens com idades de 4, 8 e 12 anos. Tais peças foram entregues ao LaMEM com dimensões nominais de 4 x 10 x 215 cm. Tais peças foram classificadas visualmente em classes para serem utilizadas na fabricação de 200 cruzetas de MLC. As dimensões das lamelas nas cruzetas de MLC serão 3 x 9 x 200 cm.

4.2 Critérios de Classificação Visual:

1 - Quanto à medula:

Não foi permitida medula com largura superior a 1,5 cm tomando como base a peça aparelhada na cruzeta de MLC, Figura 5.



Figura 5 - Largura da medula

2 - Quanto aos nós:

Não foram permitidos dois nós na mesma seção (emparelhados) da peça de madeira, Figura 6.



Figura 6 - Dois nós na mesma seção

3 - Dimensões permitidas para os nós:

As dimensões dos nós foram utilizadas para classificar as madeiras em classes conforme descrito a seguir. Na Figura 7 é mostrado o gabarito utilizado na classificação.

Classe 1 – Nó com diâmetro menor ou igual a 25% da largura nominal da peça de madeira;

Classe 2 – Nó com diâmetro menor ou igual a 40% da largura nominal da peça de madeira;

Classe 3 – Nó com diâmetro menor ou igual a 55% da largura nominal da peça de madeira;

Classe 4 – Nó com diâmetro menor ou igual a 70% da largura nominal da peça de madeira.

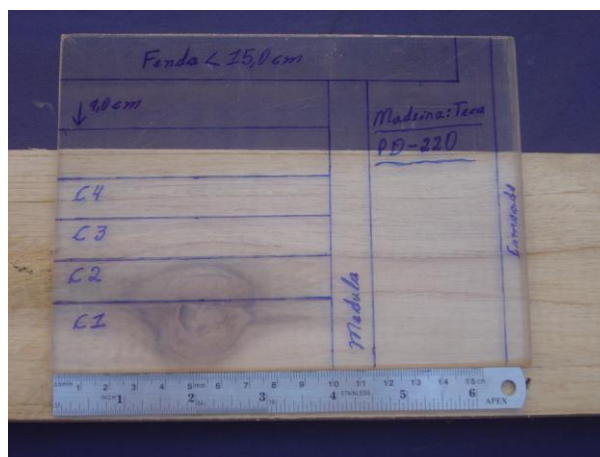


Figura 7 - Gabarito para classificação das peças de madeira

4 - Quanto ao fendilhamento:

Não foram permitidas fendas com profundidade superiores a 1 cm nas peças de madeira, para que não fosse comprometida a espessura de 3 cm das lamelas das cruzetas de MLC.

5 - Quanto a rachaduras:

Não foram permitidas rachaduras com comprimento maior do que 15 cm nas pontas das peças de madeira, para que não fosse comprometido o comprimento de 2 m da cruzeta de MLC, Figura 8.



Figura 8 - Rachaduras com comprimento maiores do que 15,0 cm

6 - Esmoado:

Não foram permitidas peças de madeira com esmoado maior do que 1 cm, somado os dois lados se caso necessário, para que não fosse comprometido a largura de 9,0 cm da cruzeta de MLC, Figura 9.

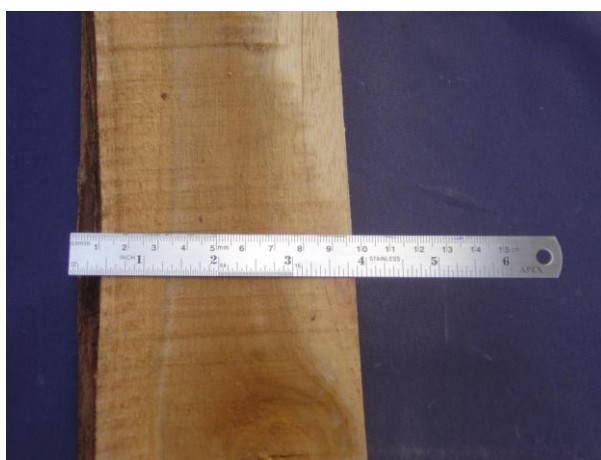


Figura 9 - Esmoado maior do 1 cm

4.3 Classificação Mecânica

Na classificação por vibração transversal foi utilizado o equipamento Transverse Vibration E-Computer, modelo 340 da Metriguard(figura 3). Antes do teste foram medidas e

anotadas as dimensões da seção transversal, bem como o comprimento das 12 chapas. As chapas foram testadas com um vão livre de 2000 mm.



Figura 10 – Equipamento de vibração transversal utilizado nos testes.

Antes do início dos trabalhos de classificação o equipamento foi calibrado utilizando-se para isso uma barra de alumínio de MOE conhecido.

A vibração das peças foi produzida aplicando-se um golpe aproximadamente no centro do vão dos painéis.

4.4 Montagem das Cruzetas

A seguir é mostrado o processo de fabricação das cruzetas de MLC, as fotos a seguir mostram a espécie de reflorestamento de Teca, o processo de montagem é o mesmo para todas as espécies. Os adesivos utilizados foram o Cascophen RS-216 M e o Purbond HB S309.

O Cascophen RS-216 M é um bicomponente feito a partir de uma resina à base de resorcinolformol, e preparado com o Endurecedor FM60M. Os dois componentes, depois de misturados, resultam em um adesivo de alto desempenho, à prova d'água (fria ou fervente), resistente a diversos solventes orgânicos, fungos e às intempéries. O adesivo Purbond é mono-componente (sem mistura), contendo 100% sólidos (não contém solvente). O adesivo Purbond HB S309, em específico, tem um tempo de aplicação de 30 minutos e tempo de cura de 75

minutos, e os elementos de madeira são colados automaticamente em toda a sua superfície. Na união destas peças de madeira, o sistema adesivo requer a umidade contida na madeira. Tal produto foi desenvolvido desde meados da década de 1980 pela empresa Purbond, no setor de adesivos para estruturas de madeira, em cooperação com a Bayer MaterialScience. Após longos anos de experiência, em 1994 foi aprovado o primeiro produto para o mercado alemão.

A umidade média das lamelas utilizada foi de 12 %. As colagens foram realizadas com lamelas de madeira sem tratamento utilizando-se os dois tipos de adesivos.

A dosagem de cola especificada pelo fabricante (linha simples) é de 180 a 200 g/m² e uma pressão de 10 MPa, porém a utilizada para os dois adesivos na fabricação está situada na faixa de 300 a 350 g/m², um pouco acima das recomendações para aplicação em escala industrial. Isso foi feito devido a aplicação no laboratório ser feita por pincéis. As figuras de 11 a 18 ilustram as principais etapas para a montagem das cruzetas.



Figura 11 - Processamento das lamelas de Teca



Figura 12 – Tipos de adesivos.



Figura 13 - Limpeza das lamelas para aplicação do adesivo



Figura 14 - Aplicação do adesivo nas lamelas e montagem das cruzetas



Figura 15 - Colocação das cruzetas na prensa



Figura 16 - Ajuste antes na prensagem das cruzetas



Figura 17 - Prensagem das cruzetas de MLC



Figura 18 - Cruzetas de MLC prontas para furação, acabamento e tratamento

Após a montagem foram então separadas 54 cruzetas de madeira de reflorestamento referentes ao projeto de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL/EESC: “PD220-07 – CABEÇA DE SERIE DA CRUZETA DE MLC” em desenvolvimento; de cada espécie-adesivo para que fossem tratadas com os preservantes a base de CCA, CCB e CCBS os quais são os mais utilizados comercialmente no Brasil. O tratamento químico foi realizado em autoclave após sete dias de cura do adesivo e climatizado até umidade relativa de 12 % e foi realizado nas empresas Prema Tecnologia e Comercio S.A. de RIO CLARO/SP e na I M Dib & Cia Ltda de Senges/PR. Os elementos estruturais testados nas três combinações de espécie-adesivo-tratamento preservativo foram as: A madeira da espécie *Lyptus* foi fornecida pela Aracruz. A madeira da espécie *Pinus sp* foi fornecida pela empresa Agrotec Empreendimentos Agropecuarios Ltda e a madeira TECA pela industria FLORESTECA de Cuiabá – MT.

Os métodos de ensaios seguiram as especificações da norma ANSI/AITC A190, já descritos anteriormente.

Os ensaios referentes no que recomenda a norma CSA 0112.10 (ensaio de delaminação e fluência), foram realizados ajustando-se tais recomendações as condições das cruzetas em estudo.

No anexo I e II estão relatados os principais tópicos do citado documento normativo.

As dimensões nominais das lamelas foram de 210 cm de comprimento, 10 cm de largura e 4 cm de espessura.

As figuras 19 e 20 ilustram os ensaios realizados a partir da viga de três lamelas.

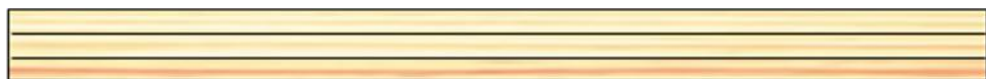


Figura 19 – Cruzetas

Foram então retirados das cruzetas, seis corpos de prova sendo um para o teste de fluência, dois para o teste de cisalhamento e três para o teste de resistência a delaminação:

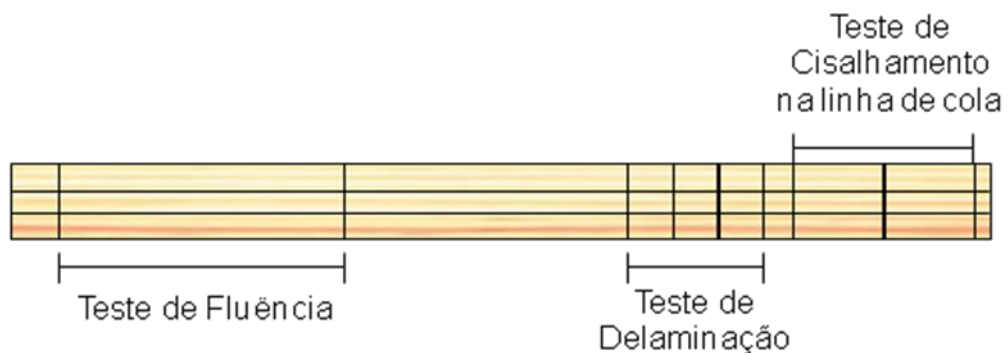


Figura 20 - Amostras retiradas para outros ensaios.

Após o corte os corpos de prova de delaminação seguem para a autoclave aonde se dá o começo do ciclo de delaminação. Os corpos de prova de cisalhamento são então preparados como mostra as figuras 21 e 22 para serem cisalhados, sendo um deles primeiramente deixado 48 horas em baixo d' água.

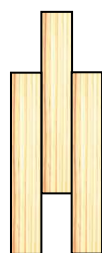


Figura 21 - Corpo de prova de Cisalhamento



Figura 22 - Tanques para a imersão dos corpos de prova

Para o estudo da fluência, os corpos de prova foram adaptados de acordo com as dimensões das cruzetas produzidas, assim temos no final um corpo de prova com as seguintes dimensões:

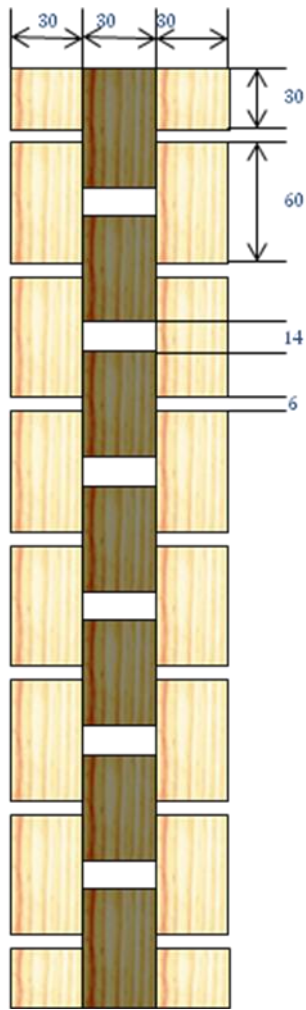


Figura 23 - Corpo de prova de Fluência em milímetros.

Para um melhor acompanhamento foram medidos todos os cortes realizados sendo os cortes nas linha lateral numeradas de 1 a 14 e os cortes na linha central numerados de 1 a 6, como mostra a figura 24, e também seu descolamento total através dos relógios comparadores.

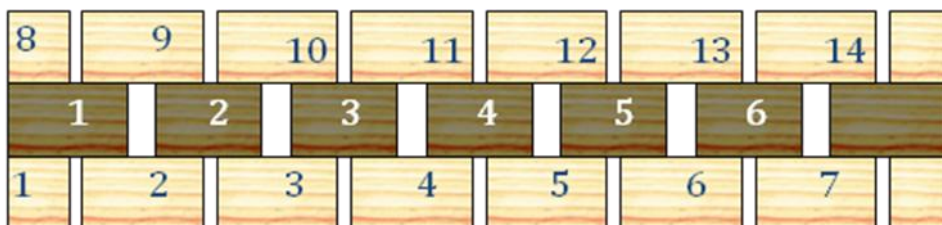


Figura 24 - Corpo de fluência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram produzidas 18 cruzetas de cada espécie de madeira, sendo 9 de cada tipo de adesivo, totalizando 54 cruzetas de MLC das 3 espécies de madeira de reflorestamento, com 2 tipos de adesivos e três tipos de tratamento(CCA, CCB e CCBS (Boro de Cobre Cromatado Salino)).

54CP	Espécie 1	Espécie 1 Adesivo A	Espécie 1 Adesivo A Tratamento A
			Espécie 1 Adesivo A Tratamento B
			Espécie 1 Adesivo A Tratamento C
		Espécie 1 Adesivo B	Espécie 1 Adesivo B Tratamento A
			Espécie 1 Adesivo B Tratamento B
			Espécie 1 Adesivo B Tratamento C
	Espécie 2	Espécie 2 Adesivo A	Espécie 2 Adesivo A Tratamento A
			Espécie 2 Adesivo A Tratamento B
			Espécie 2 Adesivo A Tratamento C
		Espécie 2 Adesivo B	Espécie 2 Adesivo B Tratamento A
			Espécie 2 Adesivo B Tratamento B
			Espécie 2 Adesivo B Tratamento C
	Espécie 3	Espécie 3 Adesivo A	Espécie 3 Adesivo A Tratamento A
			Espécie 3 Adesivo A Tratamento B
			Espécie 3 Adesivo A Tratamento C
		Espécie 3 Adesivo B	Espécie 3 Adesivo B Tratamento A
			Espécie 3 Adesivo B Tratamento B
			Espécie 3 Adesivo B Tratamento C

Figura 25 - Planejamento para ensaio dos grupos de 54 cruzetas de MLC

Nas Figuras 26 a 29 são mostrados os corpos de prova de delaminação, cisalhamento (seco/úmido) e fluência da madeira de Teca e *Pinus oocarpa*.



Figura 26 – Corpos de prova de delaminação retirados das cruzetas de MLC e ensaio na autoclave

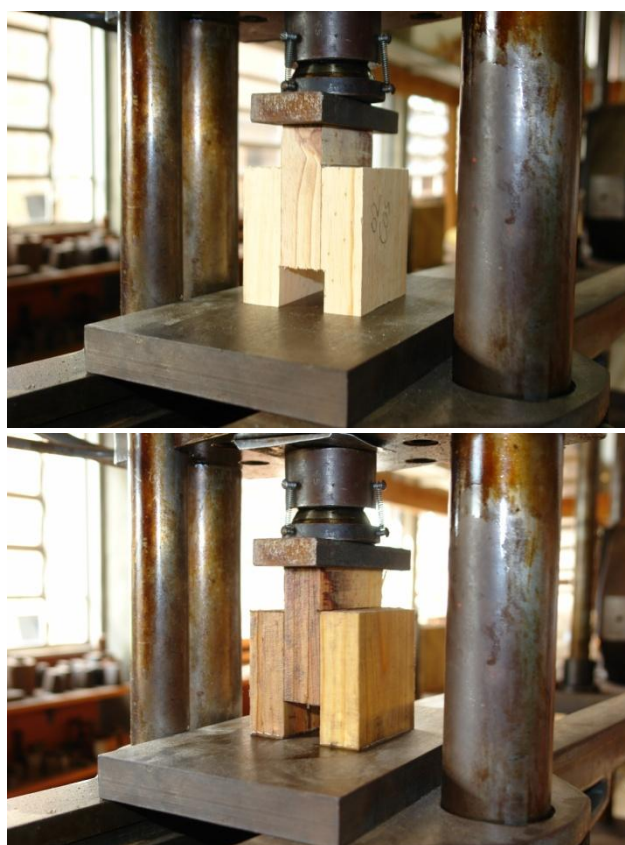


Figura 27 – Corpos de prova de cisalhamento retirados das cruzetas de MLC

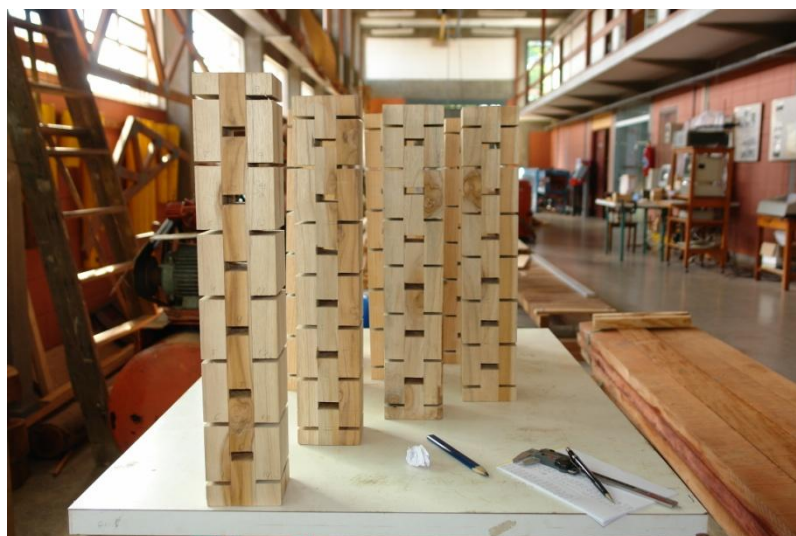


Figura 28 – Corpos de prova de fluência retirados das cruzetas de MLC



Figura 29 - Aparato de ensaio dos corpos de prova de fluência

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos testes experimentais realizados.

5.1 Teste de Cisalhamento

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos testes experimentais de cisalhamento pela combinação espécie-adesivo-umidade.

5.1.1 Madeira Pinus

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da espécie de *Pinus oocarpa*.

5.1.1.1 Adesivo Cascophen / Umidade a 12%

Na tabela 5 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação pinus – cascophen – tratamento preservativo. A umidade foi de 12%. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 5 - Combinação Pinus-Cascophen-12%

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	71.56	91.49	Madeira	5.9
2	67.88	90.53	Madeira	6.1
3	69.6	91.33	Madeira	4.9
Média				5.6
DP				0.46
CV (%)				8.17
CCA				
1	90.83	63.95	Madeira	6.4
2	91.94	93.67	Madeira	6.4
3	91.64	94.37	Madeira	5.2
4	90.99	95.4	Madeira	5.6
Média				5.8
DP				0.45
CV (%)				7.84
CCB				
1	92.47	97.38	Madeira	6.5
2	92.47	65.89	Madeira	7.6
3	91.42	66.87	Madeira	7.0
Média				7.1
DP				0.40
CV (%)				5.60
CCBS				
1	91.97	64.88	Madeira	8.8
2	91.4	99.09	Madeira	6.7
Média				7.7
DP				1.07
CV (%)				13.81

5.1.1.2 Adesivo Purbond / Umidade a 12%

Na tabela 6 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação pinus – purbond– tratamento preservativo. A umidade foi de 12%. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 6 - Combinação Pinus-Porbond-12%

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	68.68	90.79	Madeira	8.3
2	66.64	89.63	Madeira	6.3
3	69.42	90.03	Madeira	6.4
Média				7.0
DP				0.87
CV (%)				12.38
CCA				
1	90.77	99.25	Madeira	5.6
2	91.75	97.25	Madeira	4.6
3	91.55	99.6	Madeira	5.6
4	90.11	92.9	Madeira	4.6
Média				4.9
DP				0.44
CV (%)				9.02
CCB				
1	91.47	97.86	Madeira	4.2
2	91.09	71.11	Madeira	7.6
3	91.38	96.66	Madeira	5.7
Média				5.8
DP				1.17
CV (%)				20.09
CCBS				
1	91.65	94.19	Madeira	4.8
2	91.47	94.11	Madeira	5.2
Média				5.0
DP				0.23
CV (%)				4.69

5.1.1.3 Adesivo Cascophen / Umidade acima do ponto de saturação das fibras

Na tabela 7 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação pinus – cascophen – tratamento preservativo. A umidade acima do ponto de saturação das fibras. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 7 - Combinação Pinus-Cascophen-Saturado

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEMTRATAMENTO				
1	66.88	93.18	Madeira	4.3
2	65.53	92.44	Madeira	4.2
3	64.67	93.65	Madeira	3.7
Média				4.1
DP				0.24
CV (%)				5.92
CCA				
1	93.76	65.26	Madeira	2.8
2	93.18	65.05	Madeira	4.9
3	93.89	63.51	Madeira	4.1
4	94.54	67.85	Madeira	3.3
Média				4.1
DP				0.51
CV (%)				12.56
CCB				
1	92.08	61.57	Madeira	4.6
2	92.94	64.19	Madeira	5.8
3	93.45	63.87	Madeira	4.1
Média				4.9
DP				0.65
CV (%)				13.44
CCBS				
1	93.48	65.97	Madeira	6.9
2	95.76	68.26	Madeira	5.0
Média				6.0
DP				0.95
CV (%)				15.84

5.1.1.4 Adesivo Purbond / Umidade acima do ponto de saturação das fibras

Na tabela 8 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação pinus – purbond– tratamento preservativo. A umidade acima do ponto de saturação das fibras. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 8 - Combinação Pinus-Purbond-Saturado

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	64.41	92.26	Madeira	2.8
2	67.37	93.13	Madeira	3.8
3	66.86	92.56	Madeira	2.8
Média				3.1
DP				0.45
CV (%)				14.60
CCA				
1	93.79	66.84	Madeira	2.4
2	95.83	67.5	Madeira	2.2
3	93.27	68.33	Madeira	2.7
4	92.46	62.78	Madeira	3.0
Média				2.6
DP				0.28
CV (%)				10.64
CCB				
1	94.08	65.64	Madeira	1.6
2	93.99	72.01	Madeira	3.6
3	94.19	65.44	Madeira	2.5
Média				2.6
DP				0.69
CV (%)				26.74
CCBS				
1	93.25	71.64	Madeira	2.8
2	92.89	68.56	Madeira	3.1
Média				2.9
DP				0.15
Cv (%)				4.95

5.1.2 Madeira Teca

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da espécie de *Tectona grandis*.

5.1.2.1 Adesivo Cascophen / Umidade a 12%

Na tabela 9 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação teca – cascophen– tratamento preservativo. A umidade 12%. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 9 - Combinação Teca-Cascophen-12%

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	70.88	92.3	Madeira	6.8
2	69.62	92.34	Madeira	6.2
3	69.85	92.16	Madeira	7.5
Média				6.8
DP				0.43
CV (%)				6.29
CCA				
1	94.68	96.24	Madeira	7.0
2	90.24	89.24	Madeira	5.5
3	90.84	90.16	Madeira	6.9
4	88.77	89.94	Madeira	5.6
Média				6.0
DP				0.60
CV (%)				10.03
CCB				
1	53.76	92.49	Madeira	9.4
2	54.05	92.44	Madeira	7.3
3	91.05	92.07	Madeira	6.1
Média				7.6
DP				1.17
CV (%)				15.44
CCBS				
1	54.4	92.56	Madeira	8.0
2	88.77	88.24	Madeira	6.1
Média				7.1
DP				0.93
CV (%)				13.11

5.1.2.2 Adesivo Purbond / Umidade a 12%

Na tabela 10 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação teca – purbond– tratamento preservativo. A umidade 12%. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu no adesivo.

Tabela 10 - Combinação Teca-Purbong-12%

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	69.99	90.18	Madeira	5.4
2	67.55	90.88	Madeira	5.8
3	69.81	90.4	50%	3.1
Média				4.8
DP				1.11
CV (%)				23.19
CCA				
1	90.97	90.91	Madeira	5.9
2	90.25	91.98	Madeira	7.9
3	93.25	93.6	Madeira	6.6
4	87.99	88.23	Madeira	5.9
Média				6.8
DP				0.72
CV (%)				10.60
CCB				
1	93.25	91.69	70% Ades.	3.8
2	93.98	92.08	Madeira	7.1
3	95.82	97.73	70% Ades.	3.8
Média				4.9
DP				1.45
CV (%)				29.56
CCBS				
1	87.47	89.45	Madeira	7.5
2	91.63	89.51	Madeira	6.9
Média				7.2
DP				0.29
CV (%)				4.05

5.1.2.3 Adesivo Cascophen / Umidade acima do ponto de saturação das fibras

Na tabela 11 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação teca – cascophen– tratamento preservativo. A umidade acima do ponto de saturação das fibras. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 11 - Combinação Teca-Cascophen-saturado

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	67.66	92.83	Madeira	6.6
2	65.23	92.58	Madeira	6.0
3	66.15	92.87	Madeira	5.5
Média				6.1
DP				0.38
CV (%)				6.29
CCA				
1	162.69	93.54	Madeira	2.7
2	167.82	93.32	Madeira	1.7
3	161.14	92.86	Madeira	2.9
4	89.37	93.48	Madeira	4.6
Média				3.1
DP				1.03
CV (%)				33.14
CCB				
1	87.64	93.18	Madeira	5.4
2	165.44	94.5	50%	1.5
3	92.09	92.74	Madeira	4.5
Média				3.8
DP				1.54
CV (%)				40.36
CCBS				
1	88.35	92.95	Madeira	3.3
2	88.42	94.37	Madeira	3.5
Média				3.4
DP				0.08
CV (%)				2.26

5.1.2.4 Adesivo Purbond / Umidade acima do ponto de saturação das fibras

Na tabela 12 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação teca – purbond– tratamento preservativo. A umidade acima do ponto de saturação das fibras. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu na madeira.

Tabela 12 - Combinação Teca-Purbond-saturado

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	65.82	90.88	Madeira	7.0
2	64.99	91.54	Madeira	3.7
3	65.68	90.52	Madeira	6.2
Média				5.6
DP				1.29
CV (%)				22.89
CCA				
1	165.14	91.49	Madeira	2.2
2	89.99	91.54	Madeira	6.1
3	91.48	91.86	50%	5.4
4	87.9	92.25	Madeira	3.3
Média				5.0
DP				1.08
CV (%)				21.89
CCB				
1	89.83	91.02	Madeira	3.4
2	92.43	91.7	Madeira	5.4
3	97.61	91.74	Madeira	3.5
Média				4.1
DP				0.90
CV (%)				21.95
CCBS				
1	86.83	91.35	Madeira	6.5
2	91.22	91.07	Madeira	3.5
Média				5.0
DP				1.47
CV (%)				29.40

5.1.3 Madeira Lyptus

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da espécie de Lyptus.

5.1.3.1 Adesivo Cascophen / Umidade a 12%

Na tabela 13 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação lyptus – cascophen – tratamento preservativo. A umidade 12%. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu no adesivo.

Tabela 13 - Combinação Lyptus-Cascophen-12%

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	91.77	86.77	Madeira	3.9
2	91.61	95.63	50%	2.8
3	90.46	87.62	Madeira	5.6
Média				4.1
DP				0.98
CV (%)				23.95
CCA				
1	88.53	93.11	Madeira	4.0
2	88.39	93.19	70% Ades.	1.6
3	93.98	94.12	70% Ades.	2.4
4	91.45	93.34	Madeira	4.3
Média				2.8
DP				1.02
CV (%)				36.84
CCB				
1	91.94	91.38	Madeira	4.4
2	88	93.82	Madeira	3.9
3	88.68	93.81	70% Ades.	1.8
Média				3.4
DP				1.07
CV (%)				31.73
CCBS				
1	88.97	93.41	70% Ades.	2.6
2	94.38	92.65	Madeira	5.3
Média				4.0
DP				1.37
CV (%)				34.47

5.1.3.2 Adesivo Purbond / Umidade a 12%

Na tabela 14 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação lyptus – purbond – tratamento preservativo. A umidade 12%. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu no adesivo.

Tabela 14 - Combinação Lyptus-Purbond-12%

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	90.65	97.01	Madeira	3.6
2	93.4	84.51	Madeira	3.2
3	92.92	88.77	Madeira	7.4*
Média				3.4
DP				0.21
CV (%)				6.23
CCA				
1	88.8	93.22	70% Ades.	4.0
2	89.04	93.91	70% Ades.	4.2
3	91.38	93.38	Madeira	6.7
4	94.09	90.61	Madeira	5.5
Média				5.5
DP				0.82
CV (%)				15.03
CCB				
1	92.82	93.28	Madeira	3.0
2	88.81	94.05	Madeira	3.9
3	89.61	93.33	50%	2.5
Média				3.1
DP				0.49
CV (%)				15.80
CCBS				
1	91.99	92.95	50%	4.5
2	89.18	93.74	70% Ades.	2.7
Média				3.6
DP				0.92
CV (%)				25.35

*Corpo de prova apresentou problemas.

5.1.3.3 Adesivo Cascophen / Umidade acima do ponto de saturação das fibras

Na tabela 15 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação lyptus – cascophen – tratamento preservativo. A úmida acima do ponto de saturação das fibras. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu no adesivo.

Tabela 15 - Combinação Lyptus-Cascophen-saturado

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	93.14	86.73	Adesivo	1.2
2	92.51	98.5	50%	2.5
3	91.66	87.46	50%	2.4
Média				2.0
DP				0.59
CV (%)				28.87
CCA				
1	89.92	94.67	Adesivo	1.7
2	89.35	93.68	Adesivo	1.0
3	91	95.63	Adesivo	0.8
4	86.44	94.96	Adesivo	1.8
Média				1.2
DP				0.39
CV (%)				31.99
CCB				
1	88.21	94.84	50%	3.5
2	88.57	95.12	50%	3.4
3	87.23	95.06	Adesivo	0.6
Média				2.5
DP				1.27
CV (%)				51.47
CCBS				
1	91.53	94.98	50%	2.5
2	90.1	94.41	Adesivo	2.5
Média				2.5
DP				0.00
CV (%)				0.04

5.1.3.4 Adesivo Purbond / Umidade acima do ponto de saturação das fibras

Na tabela 16 são apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento da combinação lyptus – purbond – tratamento preservativo. A úmida acima do ponto de saturação das fibras. Podemos observar que a maioria dos tipos de rupturas aconteceu no adesivo.

Tabela 16 – Combinação Lyptus-Purbond-saturado

CP	Base/Altura		Tipo de Rup	f _{vo} MPa
SEM TRATAMENTO				
1	91.06	90.67	Madeira	3.8
2	94.42	85.01	50%	1.0
3	90.14	86.73	50%	3.1
Média				2.6
DP				1.09
CV (%)				41.20
CCA				
1	92.41	93.52	Madeira	4.5
2	91.71	93.7	Adesivo	3.4
3	88.17	93.93	Adesivo	2.5
4	88.38	92.46	Madeira	4.7
Média				3.5
DP				0.78
CV (%)				22.02
CCB				
1	87.03	94.41	Adesivo	1.2
2	88.94	93.07	Adesivo	1.6
3	92.68	94.85	Adesivo	2.2
Média				1.7
DP				0.37
CV (%)				22.06
CCBS				
1	88.95	94.12	50%	3.2
2	89.64	95.34	50%	2.1
Média				2.6
DP				0.58
CV (%)				21.86

5.2 Teste de Delaminação

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos testes experimentais de delaminação realizados.

Tabela 17 - Resultados dos ensaios de Delaminação

Espécie	Combinação		Numero de Corpos de prova	Delaminação (cm)	Delaminação (%)
	Adesivo	Tratamento			
Pinus	Purbond	Sem	9	5	1.5
		CCA	12	0	0.0
		CCB	10	35	9.7
		CCBS	5	2	1.1
	Cascophen	Sem	9	2	0.6
		CCA	12	3	0.7
		CCB	10	2	0.6
		CCBS	5	0	0.0
Teca	Purbond	Sem	9	6	1.9
		CCA	12	12	2.8
		CCB	10	2	0.6
		CCBS	5	0	0.0
	Cascophen	Sem	9	7	2.2
		CCA	12	0	0.0
		CCB	10	0	0.0
		CCBS	5	0	0.0
Lyptus	Purbond	Sem	9	123.5	38.1
		CCA	12	33	7.6
		CCB	10	17	4.7
		CCBS	5	13	7.2
	Cascophen	Sem	9	125	38.6
		CCA	12	48	11.1
		CCB	10	30	8.3
		CCBS	5	16	8.9

5.3 Teste de Fluência

A seguir estão apresentados os resultados obtidos em um dos testes experimentais de fluência realizados com a combinação pinus – cascophen – sem tratamento . Os outros testes são apresentados nos apêndice A.

Tabela 18 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Cascophen				Cascophen			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.27	1	12.3	1	5.92	1	12.16
2	7.22	2	12.5	2	6.99	2	12.25
3	6.42	3	12.49	3	6.22	3	12.37
4	6.22	4	12.52	4	6.13	4	12.45
5	6.15	5	12.83	5	6.09	5	12.25
6	6.32	6	12.4	6	6.08	6	12.21
7	6.44			7	6.34		
8	7.30			8	6.78		
9	5.96			9	5.84		
10	5.63			10	5.49		
11	6.35			11	6.13		
12	6.58			12	6.42		
13	6.44			13	6.36		
14	5.78			14	5.79		

Tabela 19 - Acompanhamento do teste de fluência

Data	Hora	Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
6 5 10 9 0	am	64	21	134	136
6 5 10 9 30	am	63	22	144	147
6 5 10 11 0	am	64	21	149	152
6 5 10 2 0	pm	64	21	153	156
6 5 10 5 0	pm	62	21	156	164
7 5 10 7 0	am	64	22	161	164
7 5 10 9 0	am	63	21	162	164
7 5 10 1 30	pm	64	22	163	165
7 5 10 3 30	pm	62	22	164	166
8 5 10 10 0	am	62	22	166	168
8 5 10 4 0	pm	64	21	167	168
9 5 10 4 0	pm	63	22	168	170
9 5 10 9 0	pm	64	21	168	170
10 5 10 8 0	am	64	21	169	170
10 5 10 1 0	pm	64	21	169	170
10 5 10 5 0	pm	63	22	169	170
11 5 10 8 30	am	63	22	170	171
11 5 10 12 0	pm	64	21	170	171
11 5 10 2 0	pm	62	22	170	171
11 5 10 5 30	pm	62	21	170	171
12 5 10 8 30	am	63	21	170	171
12 5 10 1 30	pm	64	22	170	171

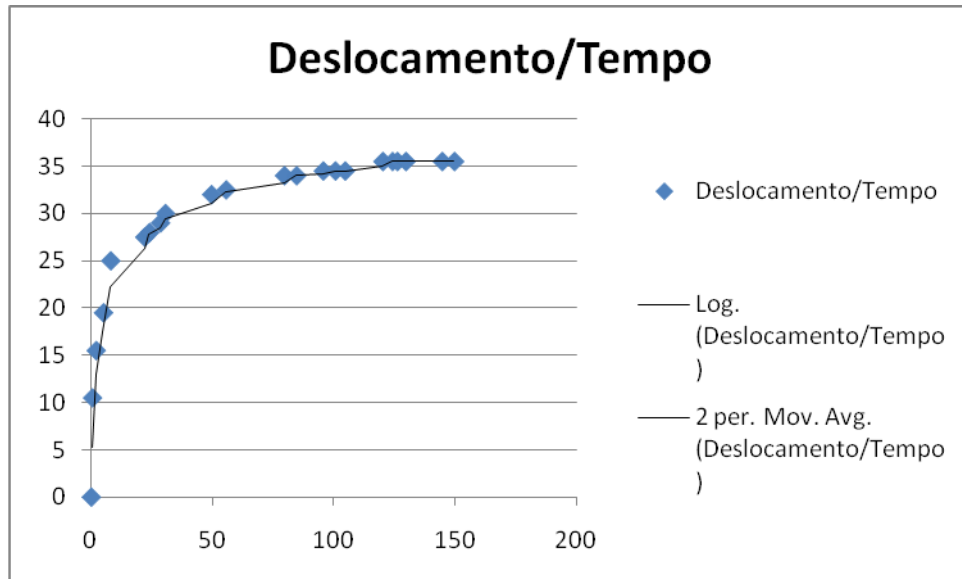


Gráfico 2 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Com base nos resultados de cisalhamento, delaminação e fluência nas combinações de tratamento – espécie – adesivo realizadas foi realizada uma tabela para melhor compreender e visualizar os resultados.

Tabela 20 - Resultados Finais.

Espécie	Combinação		Delaminação				Cisalhamento					Fluência		
	Adesivo	Tratamento	f _{vo} (MPa) 12%	DP	CV	MR	f _{vo} (MPa) Saturado							
							(%)	DP	CV	MR	DP	CV	MR	
Pinus	Purbond	Sem	1.5	7.03	0.87	12.38	Mad	3.11	0.45	14.60	Mad	X	√	-
		CCA	0.0	4.93	0.44	9.02	Mad	2.62	0.28	10.64	Mad	-	-	-
		CCB	9.7	5.82	1.17	20.09	Mad	2.59	0.69	26.74	Mad	-	-	-
		CCBS	1.1	5.01	0.23	4.69	Mad	2.93	0.15	4.95	Mad	-	-	-
	Cascophen	Sem	0.6	5.63	0.46	8.17	Mad	4.09	0.24	5.92	Mad	X	√	-
		CCA	0.7	5.76	0.45	7.84	Mad	4.10	0.51	12.56	Mad	-	-	-
		CCB	0.6	7.05	0.40	5.60	Mad	4.86	0.65	13.44	Mad	-	-	-
		CCBS	0.0	7.73	1.07	13.81	Mad	5.97	0.95	15.84	Mad	-	-	-
Teca	Purbond	Sem	1.9	4.77	1.11	23.19	Mad	5.65	1.29	22.89	Mad	X	√	X
		CCA	2.8	6.78	0.72	10.60	Mad	4.95	1.08	21.89	Mad	√	-	-
		CCB	0.6	4.91	1.45	29.56	70% Ades	4.09	0.90	21.95	Mad	√	-	-
		CCBS	0.0	7.23	0.29	4.05	Mad	5.02	1.47	29.40	Mad	-	-	-
	Cascophen	Sem	2.2	6.82	0.43	6.29	Mad	6.06	0.38	6.29	Mad	X	X	X
		CCA	0.0	5.98	0.60	10.03	Mad	3.10	1.03	33.14	Mad	√	-	-
		CCB	0.0	7.61	1.17	15.44	Mad	3.81	1.54	40.36	Mad	√	√	-
		CCBS	0.0	7.06	0.93	13.11	Mad	3.39	0.08	2.26	Mad	-	-	-
Lyptus	Purbond	Sem	38.1	3.40	0.21	6.23	Mad	2.64	1.09	41.20	50%	X	-	-
		CCA	7.6	5.45	0.82	15.03	70% Ades	3.54	0.78	22.02	Ades	-	-	-
		CCB	4.7	3.13	0.49	15.80	Mad	1.66	0.37	22.06	50%	-	-	-
		CCBS	7.2	3.61	0.92	25.35	70% Ades	2.64	0.58	21.86	50%	-	-	-
	Cascophen	Sem	38.6	4.10	0.98	23.95	Mad	2.03	0.59	28.87	50%	√	X	-
		CCA	11.1	2.77	1.02	36.84	70% Ades	1.21	0.39	31.99	Ades	-	-	-
		CCB	8.3	3.37	1.07	31.73	Mad	2.47	1.27	51.47	Ades	-	-	-
		CCBS	8.9	3.96	1.37	34.47	70% Ades	2.54	0.00	0.04	50%	-	-	-

Critérios a serem considerados para as classes de uso para aceite da combinação espécie-adesivo-tratamento preservativo:

- ❖ Para o ensaio de delaminação a Norma CSA 0112.10 considera que a delaminação de todas as linhas de cola do corpo de prova não deve exceder 1% (Anexo I).
- ❖ Para o ensaio de cisalhamento, admite-se coeficiente de variação de 28%, em analogia ao que prescreve a Norma Brasileira NBR 7190. Deve-se levar em consideração também o modo de ruptura.
- ❖ O teste de fluência apresentou vários problemas com instabilidade do corpo de prova e alguns com modo de ruptura por momento fletor, acredita-se ser por causa da dificuldade de adaptação ser muito maior do que o recomendado pela norma canadense. Os resultados não foram satisfatórios.
- ❖ Corpos de prova com ruptura total na linha do adesivo na condição seca foram desclassificados.
- ❖ Corpos de prova com ruptura total na linha do adesivo na condição úmida foram classificados como classe de uso interno.

Com base nestes critérios podemos então classificar os nossos resultados (tabela 20) por classe de uso interno e externo, a saber:

Tabela 21 - Classe de uso

Especie	Combinação		Delaminação				Cisalhamento					Fluência			Classe de Uso
	Adesivo	Tratamento	(%)	f _{vo} (MPa)			MR	f _{vo} (MPa)			MR				
				12%	DP	CV		Saturado	DP	CV					
Pinus	Purbond	Sem	1.5	7.03	0.87	12.38	Mad	3.11	0.45	14.60	Mad	X	√	-	Externo
		CCA	0.0	4.93	0.44	9.02	Mad	2.62	0.28	10.64	Mad	-	-	-	Externo
		CCB	9.7	5.82	1.17	20.09	Mad	2.59	0.69	26.74	Mad	-	-	-	Externo
		CCBS	1.1	5.01	0.23	4.69	Mad	2.93	0.15	4.95	Mad	-	-	-	Externo
	Cascophen	Sem	0.6	5.63	0.46	8.17	Mad	4.09	0.24	5.92	Mad	X	√	-	Externo
		CCA	0.7	5.76	0.45	7.84	Mad	4.10	0.51	12.56	Mad	-	-	-	Externo
		CCB	0.6	7.05	0.40	5.60	Mad	4.86	0.65	13.44	Mad	-	-	-	Externo
		CCBS	0.0	7.73	1.07	13.81	Mad	5.97	0.95	15.84	Mad	-	-	-	Externo
Teca	Purbond	Sem	1.9	4.77	1.11	23.19	Mad	5.65	1.29	22.89	Mad	X	√	X	Interno
		CCA	2.8	6.78	0.72	10.60	Mad	4.95	1.08	21.89	Mad	√	-	-	Interno
		CCB	0.6	4.91	1.45	29.56	70% Ades	4.09	0.90	21.95	Mad	√	-	-	Interno
		CCBS	0.0	7.23	0.29	4.05	Mad	5.02	1.47	29.40	Mad	-	-	-	Interno
	Cascophen	Sem	2.2	6.82	0.43	6.29	Mad	6.06	0.38	6.29	Mad	X	X	X	Externo
		CCA	0.0	5.98	0.60	10.03	Mad	3.10	1.03	33.14	Mad	√	-	-	Externo
		CCB	0.0	7.61	1.17	15.44	Mad	3.81	1.54	40.36	Mad	√	√	-	Externo
		CCBS	0.0	7.06	0.93	13.11	Mad	3.39	0.08	2.26	Mad	-	-	-	Externo
Lyptus	Purbond	Sem	38.1	3.40	0.21	6.23	Mad	2.64	1.09	41.20	50%	X	-	-	Interno
		CCA	7.6	5.45	0.82	15.03	70% Ades	3.54	0.78	22.02	Ades	-	-	-	Interno
		CCB	4.7	3.13	0.49	15.80	Mad	1.66	0.37	22.06	50%	-	-	-	Interno
		CCBS	7.2	3.61	0.92	25.35	70% Ades	2.64	0.58	21.86	50%	-	-	-	Interno
	Cascophen	Sem	38.6	4.10	0.98	23.95	Mad	2.03	0.59	28.87	50%	√	X	-	Interno
		CCA	11.1	2.77	1.02	36.84	70% Ades	1.21	0.39	31.99	Ades	-	-	-	Interno
		CCB	8.3	3.37	1.07	31.73	Mad	2.47	1.27	51.47	Ades	-	-	-	Interno
		CCBS	8.9	3.96	1.37	34.47	70% Ades	2.54	0.00	0.04	50%	-	-	-	Interno

Pode-se dizer então que:

- ❖ A madeira de Pinus foi considerada externa devido a um bom desempenho mecânico.
- ❖ A madeira de Teca com o adesivo purbond apresentou um bom resultado quando analisado à umidade de 12%, porém quando saturada apresentou várias anomalias em seu coeficiente de variação. Por isso foi classificada como uso interno. A mesma espécie com o adesivo cascofen apresentou um bom desempenho tanto a umidade a 12% como quando saturada e por isso foi classificada como uso externo.
- ❖ A madeira de Lyptus apresentou muitas anomalias tanto à umidade de 12% como quando saturada, apresentou também modos de ruptura diversos dos esperados e por isso foi classificada como uso interno.

6 CONCLUSÕES

O sistema de controle de qualidade da madeira e de produtos engenheirados de madeira precisa ser imediatamente implementado para o sucesso da utilização do material. Considerando a experiência no uso das normas internacionais no assunto e a globalização, as normas brasileiras devem ser baseadas nas normas internacionais e adaptadas para as condições e materiais nacionais. Nesse trabalho apresenta-se uma proposta de metodologia, anexos 1 e 2, para ensaios de combinações espécie–adesivo–tratamento preservativo para uma futura Norma Brasileira. As propostas de metodologias apresentadas para os ensaios foram satisfatórias para a classificação da classe de uso para as combinações espécie–adesivo–tratamento preservativo.

Das combinações realizadas a que apresentou o melhor desempenho foi a madeira de Pinus com qualquer tipo de adesivo ou tratamento analisado, podendo ser assim utilizada de modo externo. A madeira de Lyptus, para qualquer combinação adesivo-tratamento, se enquadrou na classe de uso interno. A madeira de Teca pode ser utilizada em ambiente interno (adesivo purbond e todo tipo de tratamento) ou externo (adesivo cascofen e todo tipo de tratamento).

Observou-se também que o processamento e a manipulação dos materiais adesivo e espécie necessitam de um controle de qualidade bastante rigoroso, pois esses materiais são muito sensíveis as variações de umidade, temperatura, tempo e pressão.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, C.E.C. et AL. (2005). Colagem varia de acordo com propriedades da madeira. **Revista da Madeira**, São Paulo. Ed. 88 mar.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Manufacturing Quality Control Systems Manual. Colorado. P.118

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T102 Adhesive Spread Measurement. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T105 Diagnostic Tests for Finger Joint Quality. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T107 Shear Test. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T110 Cyclic Delamination Test. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T115 Machining Test for End Joints. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T116 Modulus of Elasticity of E-rated Lumber for Static Loading. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T118 Bending Proof Loading for End Joints. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T119 Full Size End Joint Tension Test. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T121 Tension Proof Loading for End Joints. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T122 Mix Ratio Check for Automatic Adhesive Mixing Machines. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2004). Test T123 Sampling, Testing and Data Analysis to Determine Tensile Properties of Lumber. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2005). Standard for Alternate Lumber Grades for Use in Structural Glued Values. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2005). Standard for End Joints for Use in Lamination Repair. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2005). Standard for Manufacture Lumber for Use in Structural Glued Laminated Timber. Colorado.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2005). TN10 American Institute of Timber – Technical Note 10. Colorado. p.2

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (2007). A190 Structural Glued Laminated Timber, American National Standard for Wood Products. Colorado.p.20

AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR WOOD PRODUCTS. AITC A190 - Structural Glued Laminated Timber. Colorado. 2007

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (2003). D905 Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Load, West Conshohocken. p 25 – 29.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (2004). D2525 American Society of Testing and Materials. West Conshohocken. p.12

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (2004). D2559 Standard Specification for Adhesives for Structural Laminated Wood Products for Use under Exterior Exposure Conditions, West Conshohocken. p 12

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (2005). D3737 Standard Methods for Establishing Stresses for Structural Glued-Laminated Timber (Glulam) Manufactured with Visually Graded Timber, West Conshohocken. p 14

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (2005). D5456 Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products, West Conshohocken. p 13

BS EN 385 (2001). Finger jointed structural timber. Performance requirements and minimum production requirements , Madri.

CALIL NETO, C.(2008) **Recomendações para o controle de qualidade na produção de madeira laminada colada (MLC) certificada.** Trabalho de final de curso - Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira – UNESP, Itapeva, 2008.

Calil, C. N.(2010). A Madeira Laminada Colada. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, 5p. Artigo técnico. Disponível em <http://www.remade.com.br>. Acesso em: 15 jan. 2011.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (2006). 077 Qualification Code for Manufactures of Structural Glued – Laminated Timber. p 16.

Charles B. Vick (1995). **Coupling agent improves durability of PRF bonds to CCA-treated.** Science Direct.

EUROPEAN STANDARDS (2001). 386 Glued Laminated Timber: performance requirements and minimum production requirements. p 14.

Fergon (2008). **Eucalypto Lyptus – A Natureza agradece**. Artigo técnico. Disponível em HTTP:// http://www.fergontopseg.com.br/Eucalipto_Lyptus.asp. Acesso em: 19 jan. 2011.

ITTO Tropical Timber Market Report. (2009). **Eucalypts and pine dominate plantations in Brazil**. September.

Iwakiri, S; Prata, G. J. (2008). Produção de painéis compensados multilaminados de Eucalypto. **Revista da Madeira**, Caxias do sul, 8p. Artigo técnico. Disponível em <http://www.remade.com.br>. Acesso em: 3 jan. 2011.

MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL – REQUISITOS E INSPECCION (2010), NCh2148.cR2010 Santiago. p.53.

Pizzi,A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, 1994. 297 p.

PORTAL ITTO (2009). Eucalyptus and pine dominate plantations in Brazil. **ITTO (Tropical Timber Report)**. Artigo técnico. Disponível em <http://www.itto.int/>. Acesso em: 12 jan. 2010.

PORTAL REMADE (2003). Aplicação da madeira laminada colada – MLC em Elementos Construtivos. **Revista da Madeira**, Caxias do sul, 6p. Artigo técnico. Disponível em <http://www.remade.com.br>. Acesso em: 3 jan. 2011.

PORTAL REMADE (2006). Expansão do pinus no Brasil impulsiona setor. **Revista da Madeira**, Caxias do sul, 6p. Artigo técnico. Disponível em <http://www.remade.com.br>. Acesso em: 18 jan. 2011.

PORTAL REMADE (2010). Consumo de teca jovem diminui pressão sobre nativas. **Revista da Madeira**, Caxias do sul, 6p. Artigo técnico. Disponível em <http://www.remade.com.br>. Acesso em: 21 jan. 2011.

Ribeiro F. Ribeiro (2010). **Análise teórica de ligações em Vigas Laminadas Coladas de Madeira**. Relatório final de atividades, Paraná. 24p.

ROSS, R. J. ; PELLERIN, R. F. (1994). **Nondestructive testing for assessing wood members in structures**. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-70 USDA, Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI.42 p.

Sellers JR., T. Wood adhesive innovation and applications in North America. **Foret Products Jornal**, Madison, v. 51, n. 6, p.12-22,2001.

APÊNDICE A – ENSAIO DE FLUÊNCIA

Teca Purbond

Tabela 22 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	5.35	1	12.48	1	R	1	R
2	5.14	2	12.15	2	R	2	R
3	5.94	3	12.13	3	4.97	3	12.75
4	5.24	4	12.1	4	5.26	4	12.05
5	4.67	5	12.13	5	4.67	5	12.07
6	4.88	6	12.3	6	4.83	6	R
7	4.98			7	R		
8	4.89			8	R		
9	5.68			9	R		
10	5.53			10	5.84		
11	4.36			11	4.76		
12	4.72			12	5.08		
13	4.75			13	4.8		
14	3.92			14	R		

Tabela 23 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data			Hora			Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
3	5	10	2	0	pm	60	22	108	134
3	5	10	3	0	pm	62	21	113	154
3	5	10	4	0	pm	61	22	115	157
3	5	10	5	0	pm	58	22	116	160
4	5	10	8	30	am	61	22	120	174
4	5	10	10	0	am	61	21	120	174
4	5	10	4	0	pm	61	20	120	177
5	5	10	7	30	am	61	23	120	183
5	5	10	8	30	am	61	23	120	183
5	5	10	11	30	am	61	22	120	184
5	5	10	3	30	pm	61	23	120	185
5	5	10	5	30	pm	61	23	120	187
6	5	10	9	0	am			0	0

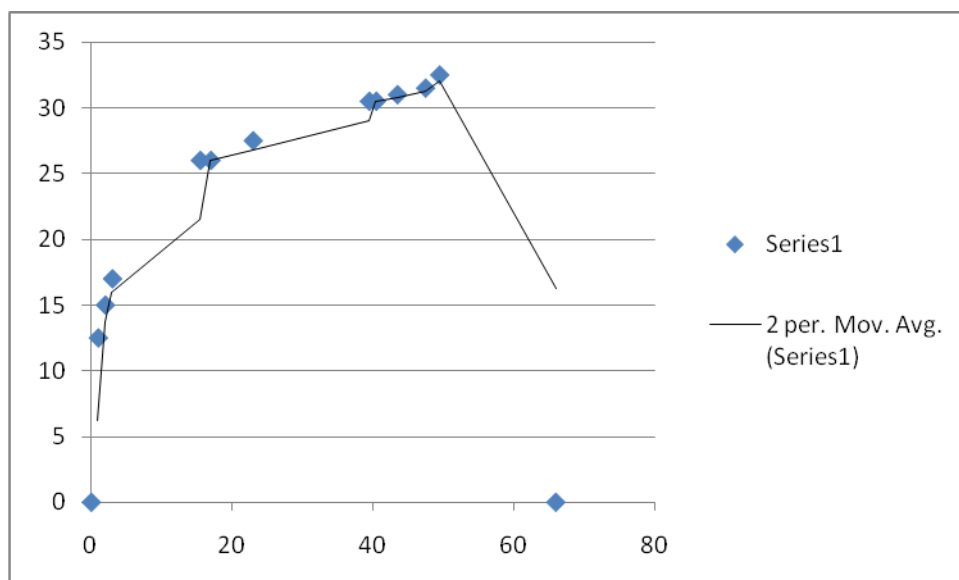


Gráfico 3 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Purbond

Tabela 24 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	5.32	1	12.08	1	5.21	1	12.08
2	5.84	2	12.27	2	5.6	2	12.31
3	4.68	3	12.24	3	4.53	3	12.21
4	5.77	4	12.08	4	5.46	4	12.27
5	6.38	5	12	5	6.27	5	12.15
6	5.57	6	11.6	6	5.4	6	12.2
7	5.93			7	5.38		
8	5.94			8	5.45		
9	6.37			9	6.13		
10	5.26			10	5.68		
11	5.24			11	5.5		
12	6.19			12	6.48		
13	5.02			13	5.48		
14	5.15			14	5.14		

Tabela 25 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
12	5	10	1	30	pm	51	21.5	131	100	
12	5	10	2	0	pm	51	21.5	141	104	
12	5	10	2	30	pm	51	21.5	142	105	
12	5	10	3	0	pm	51	21.5	143	106	
12	5	10	3	30	pm	51	21.5	144	107	
12	5	10	4	0	pm	51	21.5	145	107	
12	5	10	4	30	pm	51	21.5	145	108	
12	5	10	5	0	pm	51	21.5	146	108	
12	5	10	5	30	pm	51	21.5	146	108	
13	5	10	8	0	am	51	21.5	153	113	
13	5	10	11	0	am	51	21.5	153	114	
13	5	10	2	30	pm	51	21.5	154	114	
13	5	10	5	30	pm	51	21.5	154	115	
14	5	10	8	0	am	51	21.5	156	116	
14	5	10	11	0	am	51	21.5	156	116	
14	5	10	2	0	pm	51	21.5	156	117	
14	5	10	10	0	pm	51	21.5	157	117	
15	5	10	2	30	pm	51	21.5	157	117	
15	5	10	10	30	pm	51	21.5	157	117	
16	5	10	3	0	pm	51	21.5	158	117	
16	5	10	11	0	pm	51	21.5	158	118	
17	5	10	9	0	am	51	21.5	159	118	
17	5	10	3	30	pm	51	21.5	159	118	
18	5	10	9	0	am	51	21.5	160	119	

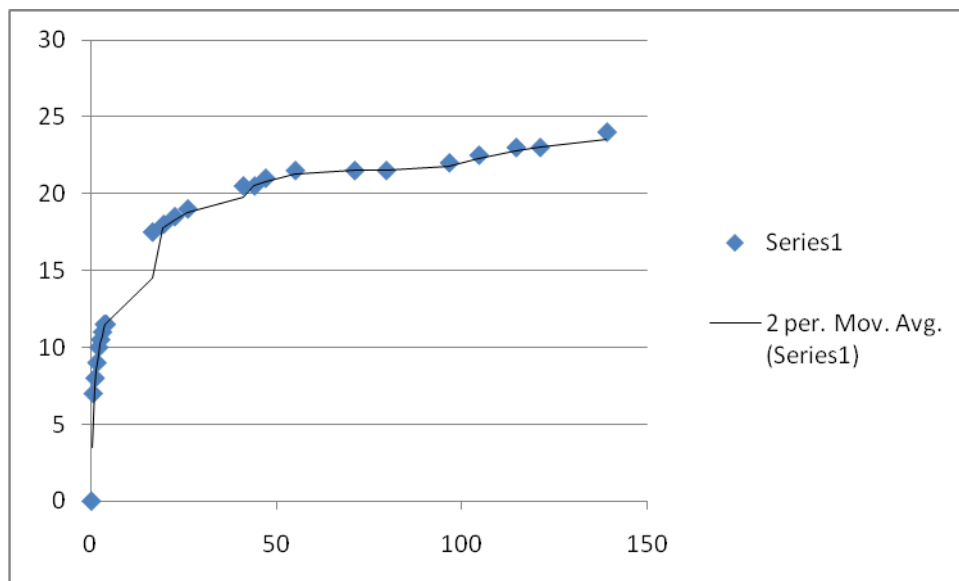


Gráfico 4 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Cascophen

Tabela 26 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.12	1	12.03	1	6.08	1	11.84
2	5.66	2	12.1	2	5.62	2	11.81
3	5.96	3	12	3	5.86	3	11.9
4	5.46	4	11.97	4	5.28	4	11.89
5	5.4	5	12.03	5	5.07	5	11.95
6	5.62	6	12.02	6	5.59	6	R
7	5.6			7	R		
8	6.03			8	5.76		
9	5.73			9	5.5		
10	7.13			10	6.97		
11	6.17			11	6.09		
12	5.49			12	5.02		
13	6.28			13	R		
14	5.08			14	R		

Tabela 27 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel	Rel
								01	02	
7	4	10	10	0	am	67	21.8	0	0	
7	4	10	1	50	pm	67	21.8	17	19	
7	4	10	2	50	pm	67	21.8	19	22	
7	4	10	3	50	pm	67	21.8	20	22	
7	4	10	4	50	pm	67	21.8	21	23	
7	4	10	5	50	pm	67	21.8	22	24	
8	4	10	8	0	am	71	21.9	29	32	
8	4	10	9	0	am	69	21.9	29	32	
8	4	10	10	0	am	68	21.9	30	33	
8	4	10	11	0	am	67	21.9	31	34	
8	4	10	11	40	am	65	21.9	31	34	
8	4	10	2	0	pm	67	21.9	31	34	
8	4	10	3	0	pm	67	21.9	31	35	
8	4	10	4	0	pm	67	22	32	35	
8	4	10	5	0	pm	68	21.9	32	35	
8	4	10	6	0	pm	68	21.9	32	35	
9	4	10	8	30	am	67	21.4	35	38	
9	4	10	9	30	am	67	21.4	35	38	
9	4	10	10	30	am	67	21.4	35	38	
9	4	10	1	30	pm	67	21.4	36	39	
9	4	10	2	30	pm	67	21.4	36	40	
9	4	10	3	30	pm	67	21.4	36	40	
12	4	10	8	0	am	70	21.9	43	48	
12	4	10	11	0	am	70	21.9	43	48	
12	4	10	2	0	pm	70	21.9	43	48	
12	4	10	5	0	pm	70	21.9	44	49	

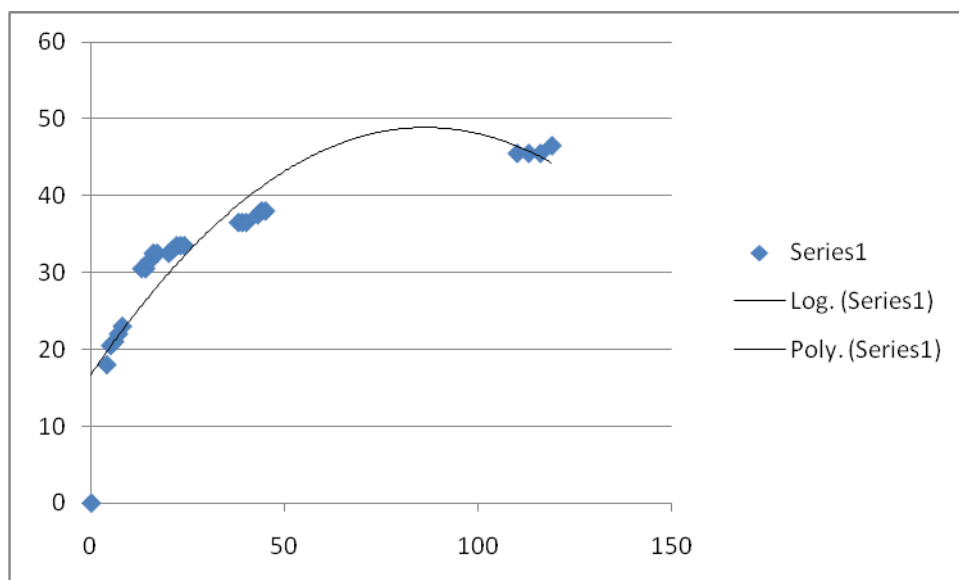


Gráfico 5 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Purbond Pinus

Tabela 28 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.12	1	12.39	1	R	1	R
2	5.84	2	12.69	2	R	2	R
3	6.34	3	12.75	3	R	3	R
4	5.53	4	12.8	4	R	4	R
5	5.93	5	12.63	5	R	5	R
6	5.68	6	12.13	6	R	6	R
7	5.49			7	R		
8	5.72			8	R		
9	5.37			9	R		
10	6.54			10	R		
11	5.38			11	R		
12	5.53			12	R		
13	5.95			13	R		
14	4.95			14	R		

Tabela 29 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data								Rel	Rel	
Hora								01	02	
Umidade								Temperatura		
13	4	10	2	20	pm	53	24.6	115	160	
13	4	10	2	50	pm	54	24.6	135	174	
13	4	10	3	20	pm	53	24.6	140	177	
13	4	10	3	50	pm	56	24.6	142	179	
13	4	10	4	20	pm	53	24.6	144	180	
13	4	10	4	50	pm	55	24.6	146	181	
13	4	10	5	20	pm	57	24.6	147	182	
13	4	10	5	50	pm	55	24.6	149	183	
13	4	10	6	20	pm	55	24.6	150	184	
14	4	10	8	15	am	60	23	163	195	
14	4	10	9	15	am	60	23	164	195	
14	4	10	10	15	am	60	23	164	195	
14	4	10	11	15	am	60	23	165	195	
14	4	10	12	15	pm	60	23	165	195	
14	4	10	14	15	pm	60	23	166	196	
14	4	10	16	15	pm	60	23	166	196	
14	4	10	18	15	pm	60	23	167	197	
15	4	10	8	0	am	65	23	171	200	
15	4	10	11	0	am	65	23	174	201	
15	4	10	14	0	pm	65	23	174	201	
15	4	10	17	0	pm	65	23	175	202	
16	4	10	8	15	am	65	23	178	204	
16	4	10	11	15	am	65	23	179	205	
16	4	10	14	15	pm	65	23	182	206	
16	4	10	17	15	pm	65	23	185	208	
17	4	10	11	0	am	55	23	194	212	
17	4	10	22	0	pm	61	23	ROMPIDO		

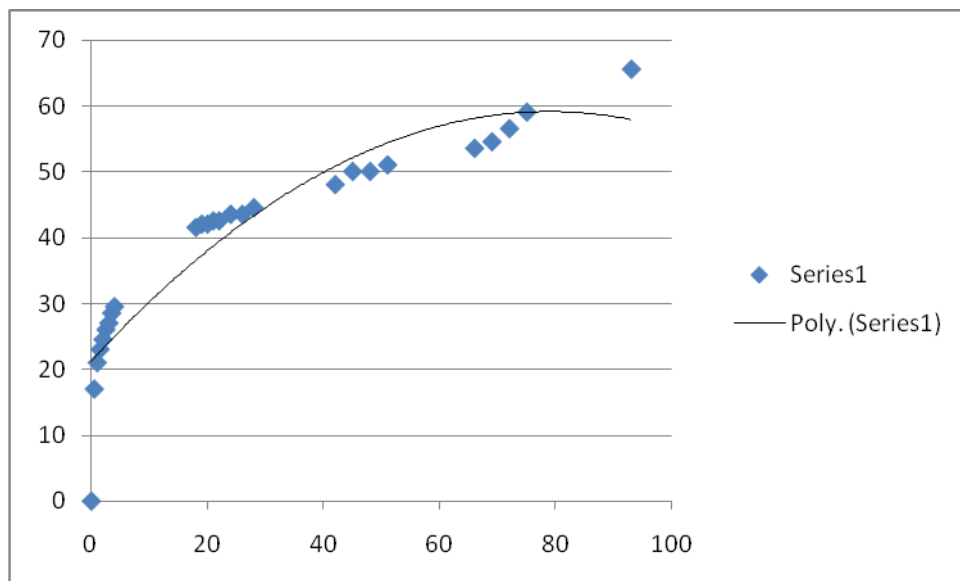


Gráfico 6 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Pinus Porbond

Tabela 30 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.73	1	12.17	1	6.76	1	12.17
2	5.85	2	12.35	2	5.84	2	12.02
3	6.91	3	12.14	3	6.76	3	11.9
4	6.36	4	12.26	4	5.98	4	12.26
5	6.65	5	12.17	5	6.62	5	12.12
6	6.45	6	12.28	6	6.43	6	12.19
7	5.42			7	5.28		
8	5.81			8	5.35		
9	7.62			9	7.47		
10	5.96			10	5.89		
11	6.61			11	6.59		
12	6.47			12	6.61		
13	6.13			13	6.14		
14	6.03			14	6.15		

Tabela 31 - Acompanhamento do Teste de fluência

							Rel	Rel	
							01	02	
Data			Hora		Umidade	Temperatura			
27	4	10	8	30	am	62	25.9	22	178
27	4	10	9	0	am	63	25.9	25	183
27	4	10	9	30	am	64	25.6	26	185
27	4	10	11	0	am	65	25.6	28	188
27	4	10	12	0	am	65	25.6	29	180
27	4	10	2	0	pm	64	25.6	29	190
27	4	10	4	0	pm	64	25.6	31	191
27	4	10	6	0	pm	64	25.6	31	192
28	4	10	8	0	am	64	25.6	35	197
28	4	10	2	0	am	64	25.6	35	198
28	4	10	5	0	pm	64	25.6	35	199
29	4	10	9	0	am	64	25.6	37	201
29	4	10	2	0	pm	64	25.6	37	201
30	4	10	12	0	am	64	25.6	38	203
30	4	10	5	30	pm	64	25.6	39	204
1	4	10	5	30	pm	64	25.6	40	206
2	4	10	6	0	pm	64	25.6	42	207
3	4	10	8	0	am	64	25.6	43	208

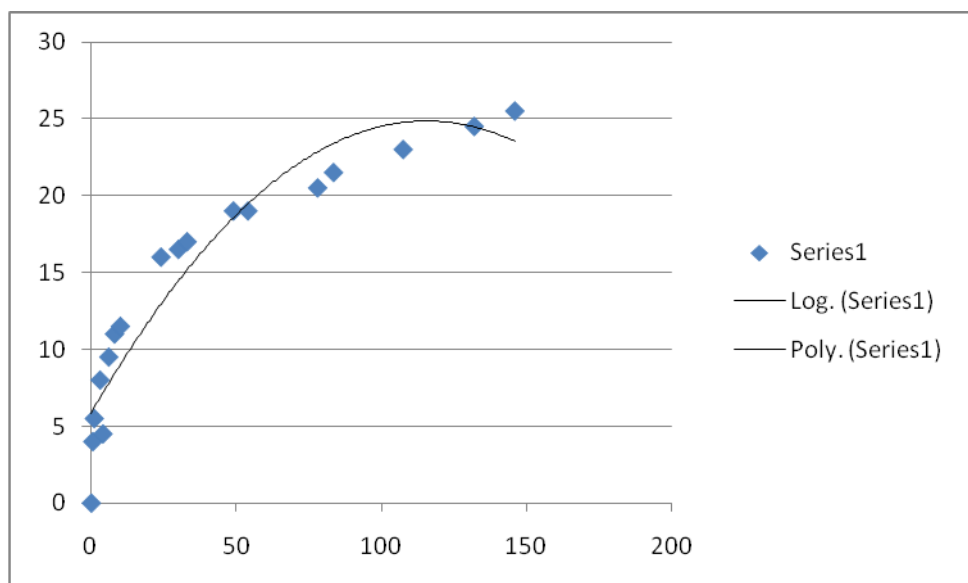


Gráfico 7 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Pinus Cascophen

Tabela 32 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.05	1	13.86	1	5.86	1	13.33
2	6.52	2	12.41	2	6.11	2	12.19
3	6.78	3	12.37	3	6.64	3	12.1
4	5.72	4	12.33	4	5.6	4	12.22
5	5.47	5	12.55	5	5.38	5	15.44
6	5.4	6	14.69	6	4.89	6	15.66
7	5.69			7	5.78		
8	5.44			8	5.19		
9	6.44			9	6.17		
10	6.82			10	5.58		
11	4.96			11	4.85		
12	4.91			12	4.8		
13	5.64			13	5.5		
14	5.76			14	5.57		

Tabela 33 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel	Rel
									01	02
19	4	10	9	25	am	55	25	51	82	
19	4	10	10	0	am	61	25	57	95	
19	4	10	10	30	am	61	25	59	97	
19	4	10	11	0	am	61	25	59	98	
19	4	10	11	30	am	61	25	60	99	
19	4	10	12	30	pm	61	25	61	100	
19	4	10	2	30	pm	61	25	62	103	
19	4	10	3	30	pm	61	25	63	104	
19	4	10	4	30	pm	61	25	63	104	
19	4	10	5	0	pm	61	25	64	105	
20	4	10	8	0	am	63	25	70	111	
20	4	10	11	0	am	63	25	71	112	
20	4	10	2	0	pm	63	25	71	113	
20	4	10	5	0	pm	63	25	71	113	
21	4	10	11	30	am	66	25	73	116	
21	4	10	5	30	pm	66	25	73	116	
22	4	10	7	30	am	66	25	75	118	
22	4	10	12	0	am	66	25	75	118	
22	4	10	2	30	pm	66	25	76	118	
22	4	10	5	0	pm	66	25	76	119	
23	4	10	8	20	am	66	25	76	120	
23	4	10	2	0	pm	66	25	77	120	
23	4	10	4	0	pm	66	25	77	121	
24	4	10	2	30	pm	66	25	78	112	
25	4	10	11	0	am	66	25	79	123	
25	4	10	6	0	pm	66	25	80	123	
26	4	10	9	30	am	66	25	80	124	
26	4	10	4	0	pm	66	25	80	125	
27	4	10	8	15	am	66	25	82	128	

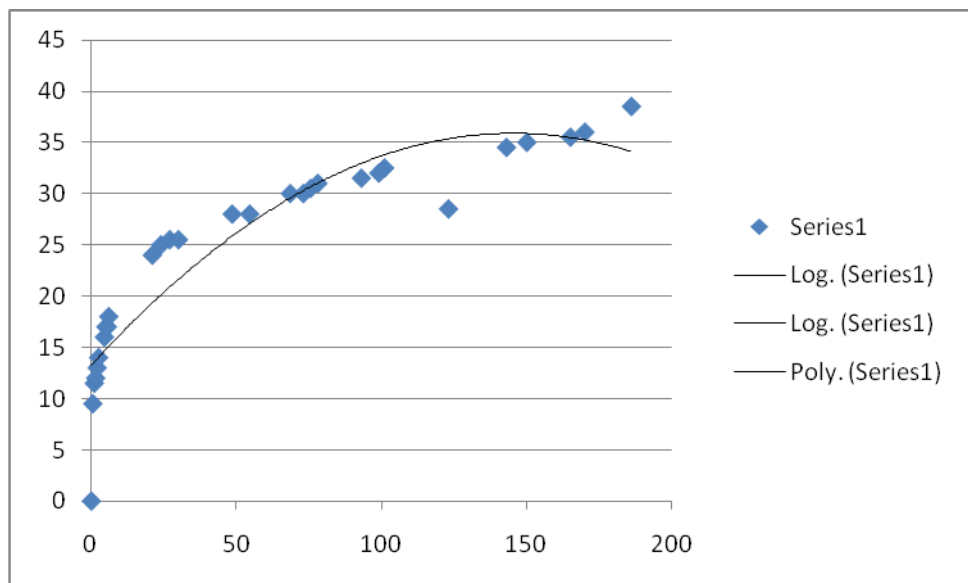


Gráfico 8 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Pinus Cascophen

Tabela 34 - Teste de fluência

Antes				Depois			
	Linha lateral (mm)	Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.27	1	12.3	1	5.92	1	12.16
2	7.22	2	12.5	2	6.99	2	12.25
3	6.42	3	12.49	3	6.22	3	12.37
4	6.22	4	12.52	4	6.13	4	12.45
5	6.15	5	12.83	5	6.09	5	12.25
6	6.32	6	12.4	6	6.08	6	12.21
7	6.44			7	6.34		
8	7.3			8	6.78		
9	5.96			9	5.84		
10	5.63			10	5.49		
11	6.35			11	6.13		
12	6.58			12	6.42		
13	6.44			13	6.36		
14	5.78			14	5.79		

Tabela 35 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data		Hora		Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02	
6	5	10	9	0 am	64	24.9	134	136
6	5	10	9	30 am	64	24.9	144	147
6	5	10	11	0 am	64	24.9	149	152
6	5	10	2	0 pm	64	24.9	153	156
6	5	10	5	0 pm	64	24.9	156	164
7	5	10	7	0 am	64	24.9	161	164
7	5	10	9	0 am	64	24.9	162	164
7	5	10	1	30 pm	64	24.9	163	165
7	5	10	3	30 pm	64	24.9	164	166
8	5	10	10	0 am	64	24.9	166	168
8	5	10	4	0 pm	64	24.9	167	168
9	5	10	4	0 pm	64	24.9	168	170
9	5	10	9	0 pm	64	24.9	168	170
10	5	10	8	0 am	64	24.9	169	170
10	5	10	1	0 pm	64	24.9	169	170
10	5	10	5	0 pm	64	24.9	169	170
11	5	10	8	30 am	64	24.9	170	171
11	5	10	12	0 pm	64	24.9	170	171
11	5	10	2	0 pm	64	24.9	170	171
11	5	10	5	30 pm	64	24.9	170	171
12	5	10	8	30 am	64	24.9	170	171
12	5	10	1	30 pm	64	24.9	170	171

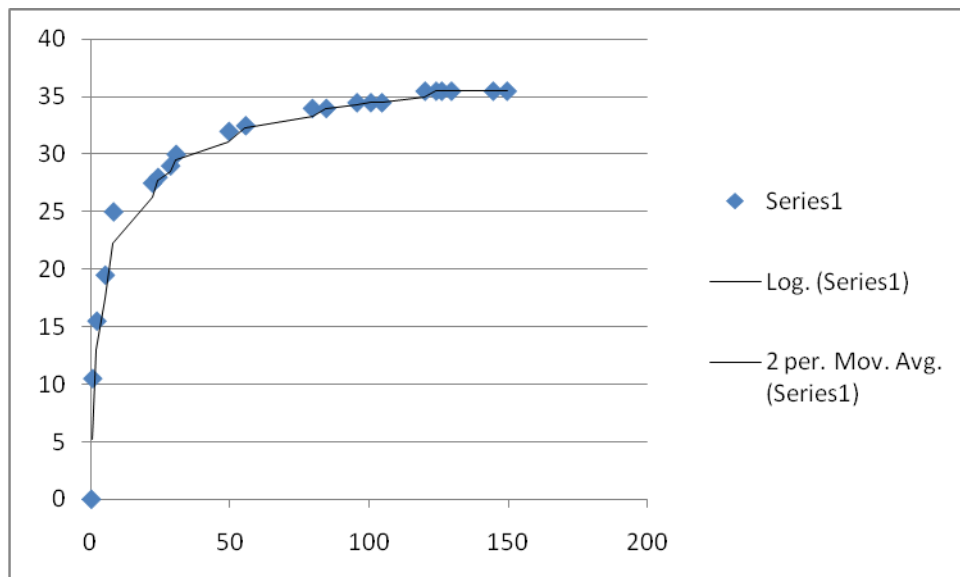


Gráfico 9 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Purbond Teca

Tabela 36 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	5.35	1	12.48	1	R	1	R
2	5.14	2	12.15	2	R	2	R
3	5.94	3	12.13	3	R	3	R
4	5.24	4	12.1	4	R	4	R
5	4.67	5	12.13	5	R	5	R
6	4.88	6	12.3	6	R	6	R
7	4.98			7	R		
8	4.89			8	R		
9	5.68			9	R		
10	5.53			10	R		
11	4.36			11	R		
12	4.72			12	R		
13	4.75			13	R		
14	3.92			14	R		

Tabela 37 - Acompanhamento do Teste de fluência

								Rel	Rel
Data		Hora		Umidade	Temperatura	01	02		
24	5	10	15	20	pm	62	22.5	114	185
24	5	10	15	40	pm	62	22.5	120	190
24	5	10	16	10	pm	62	22.5	120	190
24	5	10	16	40	pm	62	22.5	121	191
24	5	10	17	50	pm	62	22.5	122	191.5
25	5	10	8	20	am	62	22.5	125	194
25	5	10	17	20	pm	62	22.5	126	195
26	5	10	8	25	am	62	22.5	127	196
26	5	10	10	0	pm	62	22.5	128	196
27	5	10	8	30	am	62	22.5	128	196
27	5	10	10	35	pm	62	22.5	129	197
28	5	10	10	60	am	62	22.5	129	197
28	5	10	10	30	am	62	22.5	129	197
28	5	10	10	20	pm	62	22.5	129	197
29	5	10	10	0	am	62	22.5	130	198
29	5	10	10	40	pm	62	22.5	130	198
30	5	10	10	0	pm	62	22.5	130	198
32	5	10	10	30	am	62	22.5	130	199

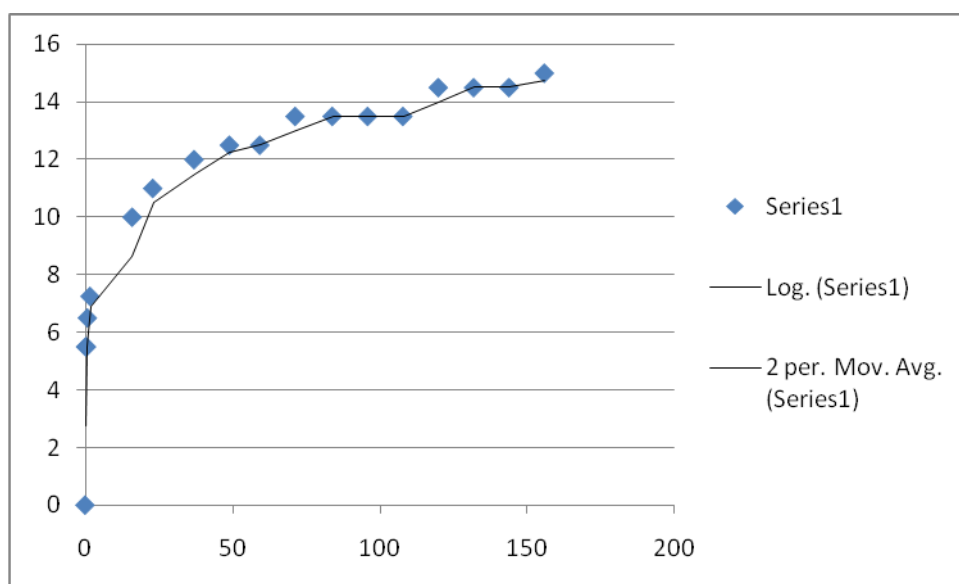


Gráfico 10 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Cascophen

Tabela 38 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	5.62	1	12.25	1	R	1	R
2	5.5	2	12.14	2	R	2	R
3	5.08	3	12.15	3	5.24	3	12.13
4	5.1	4	12.19	4	5.08	4	12.15
5	6.6	5	11.98	5	6.67	5	11.87
6	5.44	6	11.26	6	5.29	6	R
7	5.12			7	R		
8	5.44			8	R		
9	5.55			9	R		
10	5.24			10	5.23		
11	5.83			11	5.85		
12	6.25			12	6.25		
13	7.11			13	6.92		
14	5.49			14	R		

Tabela 39 - Acompanhamento do Teste de fluência

								Rel	Rel
Data		Hora			Umidade	Temperatura	01	02	
22	6	10	9	0	am	55	20.9	92	117
22	6	10	9	30	am	55	20.9	99	123
22	6	10	10	0	am	55	20.9	100	124
22	6	10	10	30	am	55	20.9	101	125
22	6	10	11	0	am	55	20.9	101	125
22	6	10	11	30	am	55	20.9	102	126
22	6	10	12	0	pm	55	20.9	102	126
22	6	10	14	0	pm	55	20.9	103	127
22	6	10	16	0	pm	55	20.9	103	128
22	6	10	9	0	pm	55	20.9	105	129
23	6	10	9	30	am	55	20.9	107	130
23	6	10	3	30	pm	55	20.9	108	132
23	6	10	8	30	am	55	20.9	109	133
24	6	10	8	30	am	55	20.9	110	134
24	6	10	9	30	pm	55	20.9	111	134
26	6	10	2	0	pm	55	20.9	112	135
27	6	10	3	0	pm	55	20.9	114	136
28	6	10	10	30	am	55	20.9	115	137
29	6	10	8	0	am	55	20.9	115	138

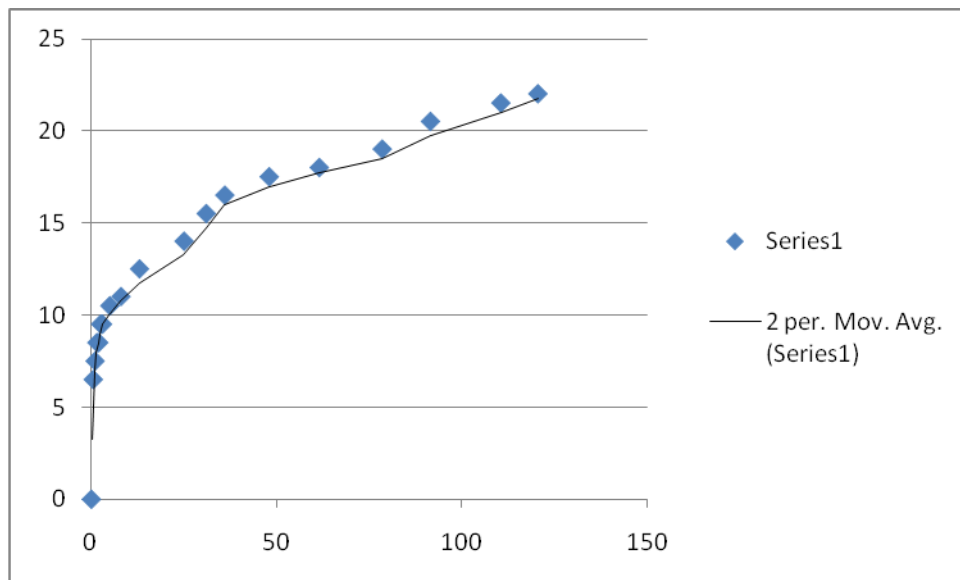


Gráfico 11 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Cascophen

Tabela 40 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.61	1	12.1	1	R	1	R
2	6.29	2	12.17	2	R	2	R
3	6.25	3	12.29	3	5.98	3	12.28
4	5.23	4	12.06	4	5.35	4	12.13
5	5.4	5	12.15	5	5.33	5	12.13
6	5.55	6	12.22	6	5.49	6	12.2
7	5.36			7	5.33		
8	6.15			8	R		
9	6.12			9	R		
10	6.13			10	5.62		
11	6.02			11	5.4		
12	5.75			12	5.33		
13	6.4			13	6.7		
14	5.29			14	5.13		

Tabela 41 - Acompanhamento do Teste de fluência

							Rel 01	Rel 02	
Data		Hora		Umidade	Temperatura				
18	5	10	2	30	pm	60	23	117	97
18	5	10	3	30	pm	60	23	128	101
18	5	10	4	0	pm	60	23	136	103
18	5	10	4	30	pm	60	23	137	103
18	5	10	5	30	pm	60	23	138	104
19	5	10	2	0	pm	60	23	145	106
19	5	10	6	30	pm	60	23	146	106
20	5	10	8	30	am	60	23	146	106
20	5	10	2	0	pm	60	23	147	106
21	5	10	8	0	am	60	23	147	106
22	5	10	2	30	pm	60	23	147	107
23	5	10	2	30	pm	60	23	Rup	Rup

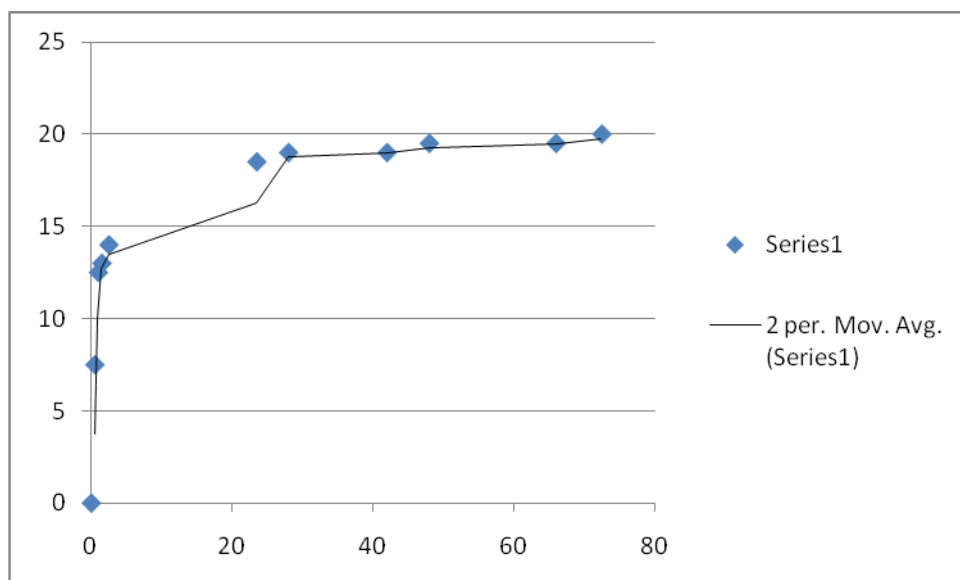


Gráfico 12 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Lyptus Cascophen

Tabela 42 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)	Linha Central (mm)			Linha lateral (mm)	Linha Central (mm)		
1	6.66	1	12.05	1	6.5	1	12.18
2	7.52	2	12.08	2	7.36	2	12.09
3	6.77	3	12.06	3	6.66	3	12.96
4	6.52	4	11.54	4	6.55	4	12.99
5	7.22	5	12.06	5	7.23	5	11.91
6	5.52	6	11.77	6	5.98	6	6.35
7	5.53			7	0		
8	6.35			8	6.31		
9	6.88			9	6.83		
10	5.72			10	5.83		
11	5.84			11	6		
12	6.7			12	6.67		
13	6.83			13	7.22		
14	6.32			14	0		

Tabela 43 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
25	10	10	8	30	am	51	21	84	55	
25	10	10	9	0	am	51	21	88	59	
25	10	10	10	0	am	51	21	90	60	
25	10	10	11	0	am	51	21	91	61	
25	10	10	2	0	pm	51	21	92	63	
25	10	10	4	0	pm	51	21	95	64	
26	10	10	10	0	am	51	21	97	67	
26	10	10	4	0	pm	51	21	109	69	
27	10	10	10	0	am	51	21	112	71	
27	10	10	5	0	pm	51	21	117	73	
28	10	10	4	0	pm	51	21	124	78	
29	10	10	1	30	pm	51	21	127	81	
29	10	10	5	0	pm	51	21	127	83	
30	10	10	2	30	pm	51	21	158	90	
1	10	10	3	0	pm	51	21	151	84	
2	10	10	12	0	pm	51	21	151	84	

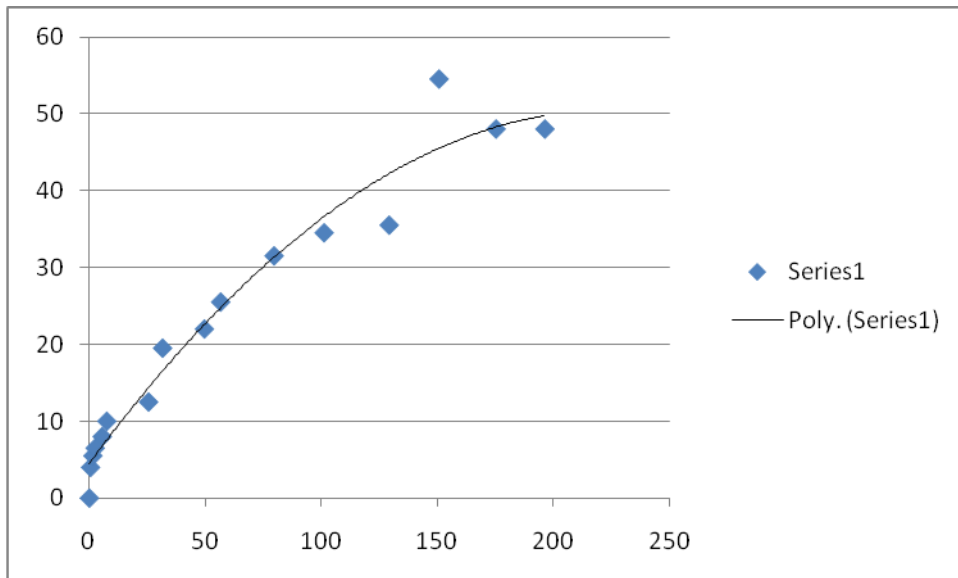


Gráfico 13 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Lyptus Purbond

Tabela 44 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	6.53	1	12.06	1	R	1	R
2	6.74	2	12.07	2	R	2	R
3	6.83	3	12.09	3	R	3	R
4	6.82	4	12.27	4	R	4	R
5	6.79	5	12.2	5	R	5	R
6	6.5	6	11.42	6	R	6	R
7	5.56			7	R		
8	6.26			8	R		
9	6.22			9	R		
10	6.6			10	R		
11	6.42			11	R		
12	6.44			12	R		
13	6.01			13	R		
14	6.02			14	R		

Tabela 45 - Acompanhamento do Teste de fluência

								Rel	Rel
Data		Hora		Umidade	Temperatura	01	02		
8	11	10	8	30	am	44	22	67	87
8	11	10	9	0	am	44	22	69	92
8	11	10	9	30	am	44	22	69	93
8	11	10	10	0	am	44	22	69	93
8	11	10	10	30	am	44	22	69	94
8	11	10	11	0	am	44	22	69	94
8	11	10	12	0	am	44	22	70	95
8	11	10	14	0	pm	44	22	70	96
9	11	10	16	0	pm	44	22	71	97
9	11	10	10	0	am	44	22	71	101
9	11	10	16	0	pm	44	22	71	102
10	11	10	11	0	am	44	22	71	106
11	11	10	11	0					

RUPTURA

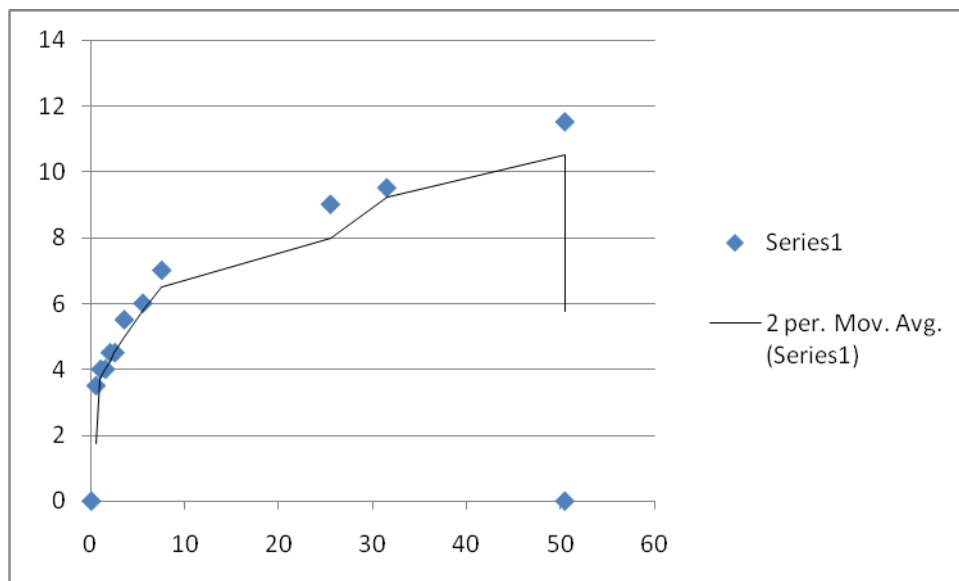


Gráfico 14 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Cascophen CCB

Tabela 46 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	8.42	1	12.25	1	8.42	1	12
2	8.39	2	12.02	2	8.26	2	11.94
3	6.76	3	12.16	3	6.79	3	12.1
4	7.45	4	12.1	4	7.41	4	12.02
5	7.7	5	12.1	5	7.58	5	12.01
6	7.63	6	12.16	6	7.56	6	11.82
7	7.99			7	8.12		
8	7.48			8	7.5		
9	7.56			9	7.55		
10	8.8			10	8.67		
11	7.19			11	7.24		
12	7.33			12	7.24		
13	7.28			13	7.36		
14	6.71			14	6.84		

Tabela 47 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
23	11	10	2	0	pm	21	43	140	155	
23	11	10	2	30	pm	21	43	146	160	
23	11	10	3	30	pm	21	43	149	161	
23	11	10	4	0	pm	21	43	149	162	
24	11	10	8	0	am	21	43	155	165	
24	11	10	10	0	am	21	43	157	166	
25	11	10	8	0	am	21	43	164	171	
25	11	10	3	30	pm	21	43	165	175	
26	11	10	7	0	am	21	43	168	175	
26	11	10	11	30	am	21	43	169	175	
29	11	10	9	0	am	21	43	178	179	
30	11	10	9	0	am	21	43	180	182	

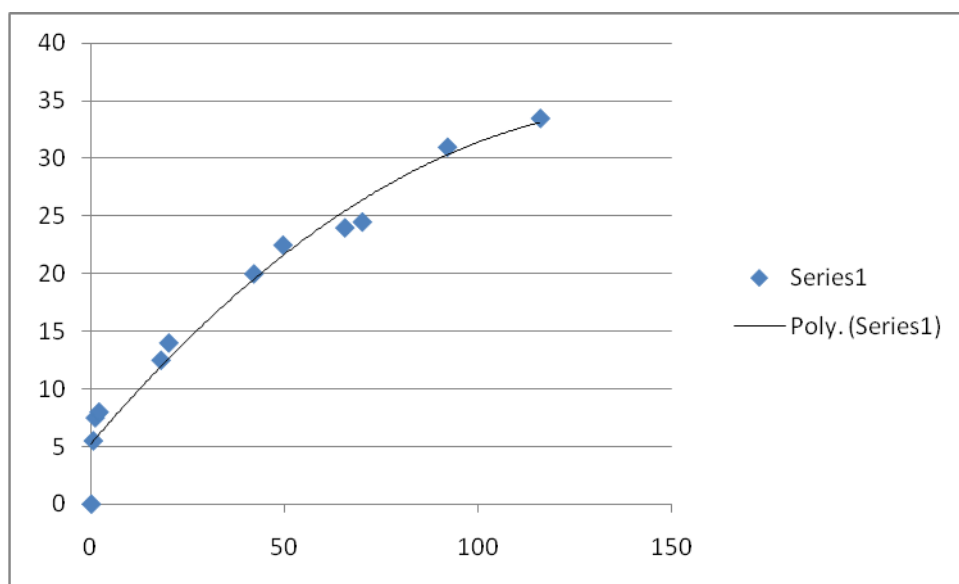


Gráfico 15 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Cascophen CCB

Tabela 48 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	7.07	1	12.06	1	7.18	1	12
2	7.69	2	11.98	2	7.74	2	12.01
3	7.4	3	11.82	3	7.31	3	12.06
4	8.05	4	11.86	4	8.05	4	11.99
5	7.87	5	11.98	5	7.87	5	11.92
6	8.44	6	11.96	6	8.26	6	11.82
7	8.36			7	8.17		
8	8.82			8	8.76		
9	9.55			9	9.35		
10	6.81			10	6.87		
11	8.57			11	8.46		
12	8.95			12	8.72		
13	8.06			13	8.03		
14	7.6			14	7.8		

Tabela 49 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
30	11	10	2	0	pm	44	21	78	165	
30	11	10	2	30	pm	44	21	82	170	
30	11	10	3	30	pm	44	21	82	171	
1	12	10	8	0	am	44	21	86	178	
2	12	10	8	0	am	44	21	90	183	
2	12	10	4	0	pm	44	21	91	184	
3	12	10	10	0	am	44	21	91	186	
4	12	10	11	0	am	44	21	93	188	
5	12	10	4	0	pm	44	21	94	190	
6	12	10	9	0	am	44	21	94	190	
6	12	10	3	30	pm	44	21	94	191	
7	12	10	9	0	am	44	21	95	191	
7	12	10	2	0	pm	44	21	95	191	

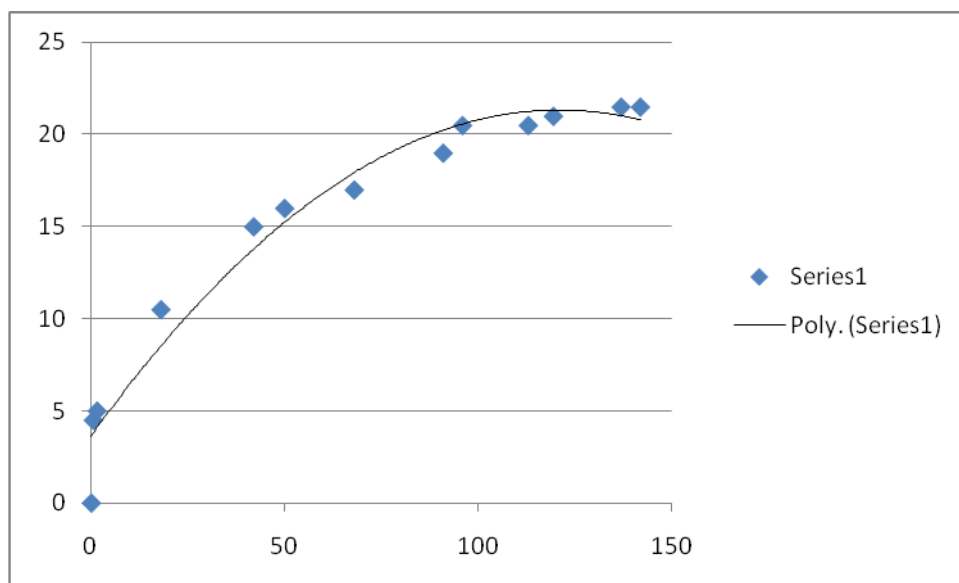


Gráfico 16 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Purbond CCB

Tabela 50 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	8.83	1	12.11	1	8.54	1	12.07
2	9.09	2	12.1	2	9.01	2	11.99
3	7.3	3	11.99	3	7.28	3	11.82
4	7.45	4	12.22	4	7.13	4	12.09
5	7.89	5	12.12	5	7.74	5	12.07
6	9.77	6	12.08	6	9.75	6	11.76
7	6.9			7	6.86		
8	7.42			8	7.45		
9	7.59			9	7.39		
10	9.57			10	9.33		
11	7.18			11	7.01		
12	10.14			12	9.87		
13	9.32			13	9.21		
14	7.94			14	7.87		

Tabela 51 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data						Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
7	12	10	2	0	pm	43	22	89	158
7	12	10	3	0	pm	43	22	90	171
7	12	10	4	0	pm	43	22	91	173
8	12	10	8	0	am	43	22	95	185
8	12	10	4	0	pm	43	22	95	187
9	12	10	8	0	am	43	22	96	191
10	12	10	2	0	pm	43	22	99	197
13	12	10	8	0	am	43	22	100	203
13	12	10	6	0	pm	43	22	102	205
14	12	10	9	0	am	43	22	102	205

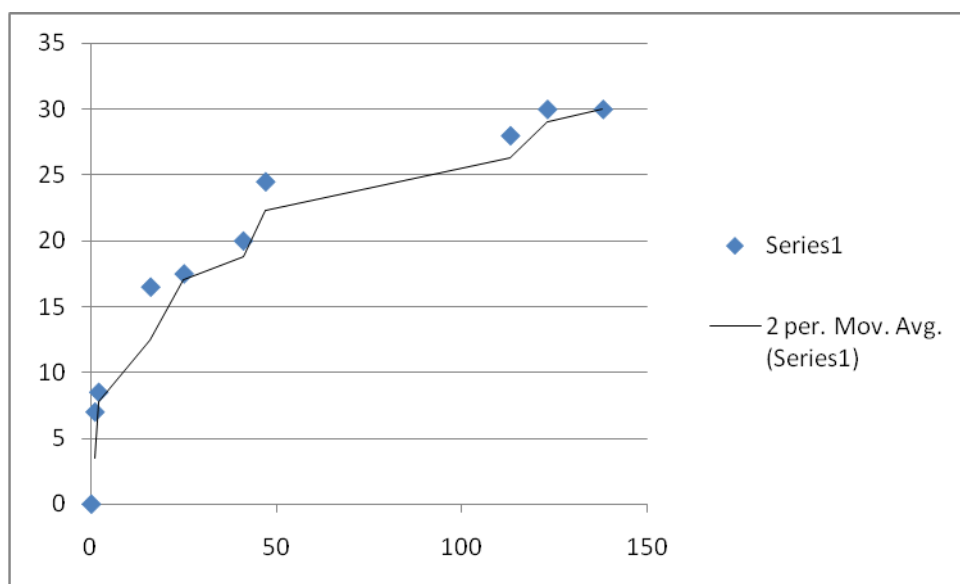


Gráfico 17 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Purbond Teca CCA

Tabela 52 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	9.5	1	12.24	1	9.35	1	11.97
2	9.19	2	12.22	2	9.16	2	12.01
3	8.69	3	11.96	3	8.71	3	11.96
4	7.24	4	11.96	4	7.18	4	11.78
5	7.5	5	11.87	5	7.75	5	11.72
6	8.35	6	11.88	6	8.29	6	11.62
7	9.12			7	9.12		
8	7.88			8	7.7		
9	8.96			9	8.83		
10	8.13			10	8.04		
11	8.54			11	6.35		
12	7.77			12	7.82		
13	8.94			13	8.89		
14	7.21			14	7.63		

Tabela 53 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
14	12	10	10	30	am	41	22	104	170	
14	12	10	1	30	pm	41	22	112	182	
15	12	10	9	0	am	41	22	119	188	
16	12	10	8	0	am	41	22	124	193	
16	12	10	4	0	pm	41	22	125	194	
17	12	10	10	0	am	41	22	127	195	
19	12	10	10	0	am	41	22	132	200	
20	12	10	8	0	am	41	22	132	200	
20	12	10	5	0	pm	41	22	134	201	
21	12	10	9	0	am	41	22	134	201	

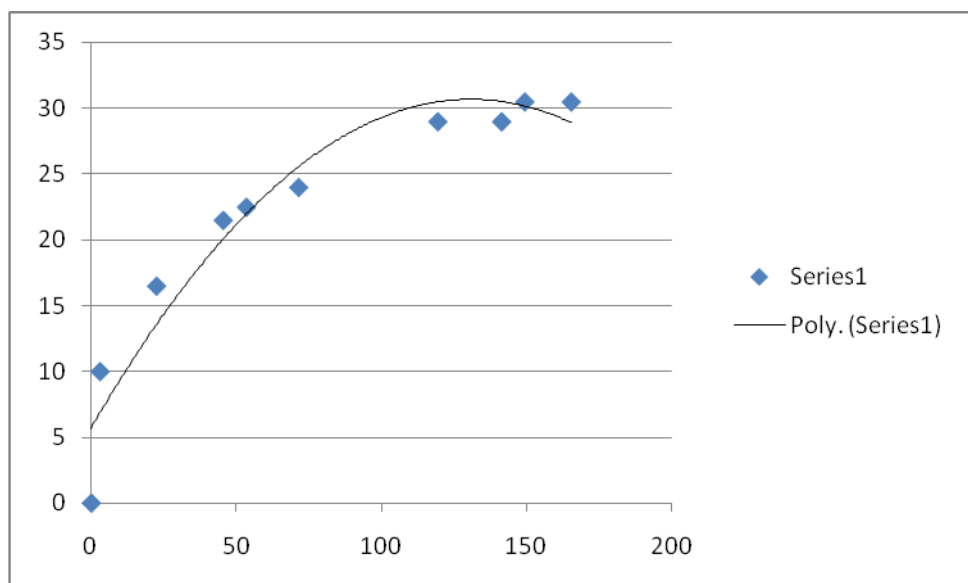


Gráfico 18 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Teca Cascophen CCA

Tabela 54 - Teste de fluência

Antes				Depois			
Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)		Linha lateral (mm)		Linha Central (mm)	
1	8.04	1	12.08	1	7.93	1	11.07
2	7.81	2	12.09	2	7.68	2	12.03
3	6.88	3	12.06	3	6.91	3	12.01
4	7.21	4	12.14	4	7.14	4	12.07
5	6.94	5	12.2	5	6.75	5	11.94
6	6.64	6	12.04	6	6.44	6	11.95
7	7.57			7	7.57		
8	8.48			8	8.35		
9	7.14			9	7.1		
10	8.12			10	8.04		
11	7.94			11	7.87		
12	7.91			12	7.8		
13	8.53			13	8.39		
14	7.38			14	7.31		

Tabela 55 - Acompanhamento do Teste de fluência

Data							Umidade	Temperatura	Rel 01	Rel 02
10	1	11	2	0	pm	32	22	125	111	
10	1	11	2	30	om	32	22	130	115	
10	1	11	3	0	pm	32	22	132	115	
11	1	11	9	0	am	32	22	139	116	
11	1	11	3	0	pm	32	22	140	117	
12	1	11	8	30	am	32	22	141	117	
12	1	11	5	0	pm	32	22	143	118	
13	1	11	9	0	am	32	22	144	119	
13	1	11	3	0	pm	32	22	144	119	
14	1	11	10	0	am	32	22	145	119	
17	1	11	11	0	am	32	22	149	120	
17	1	11	4	0	pm	32	22	149	120	

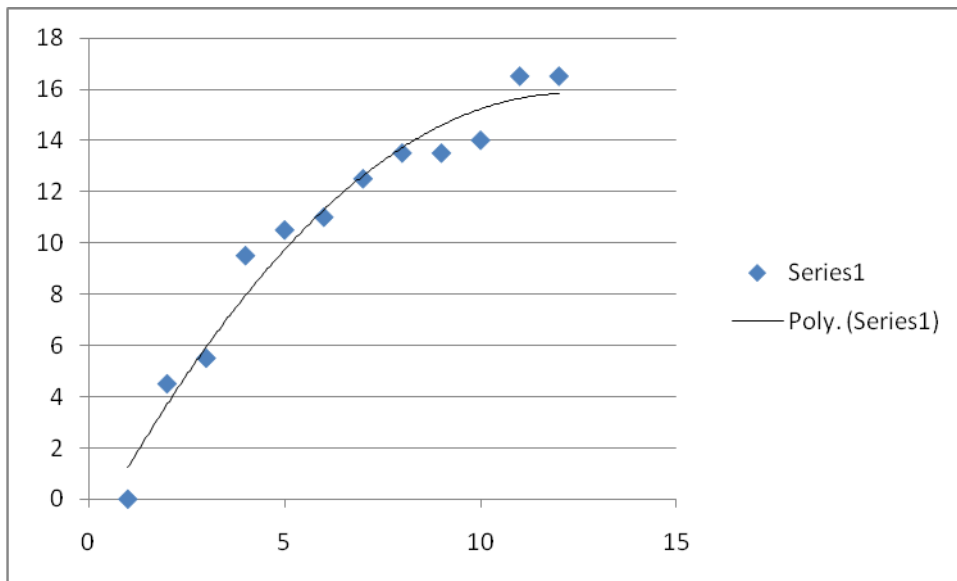


Gráfico 19 - Comportamento do corpo de prova de fluência conforme o tempo

Anexo I - ENSAIO DE RESISTÊNCIA A DELAMINAÇÃO

Preparação das laminas dos Corpos de Prova

Dois conjuntos de ensaio devem ser preparados, ou seja, cada um para os tempos de montagem máxima e mínima recomendados pelos fabricantes dos adesivos.

Lamelas de aproximadamente 19 mm de espessura X 140 mm de largura x 400 mm ao longo da fibra devem ser preparados a partir de madeiras de comprimento adequado para o aplainamento. A inclinação das fibras não deve ser superior a 1 em 15. As lamelas devem ser livres de nós maiores do que 3 milímetros de diâmetro. Elas devem também livre de defeitos, tais como fungos, bolsas de resina / estrias, manchas incomuns dentro da linha de ligação, defeitos de usinagem (lascas, marcas de faca e compressão de rolo de alimentação), e todos os defeitos de secagem (colapso, rachaduras e trincas). Somente lamelas com grãos retas e com oito ou mais anéis de crescimento por polegada devem ser utilizadas.

As lamelas devem ser pesadas e as de aproximadamente o mesmo peso devem ser montadas em seis lamelas a serem coladas umas às outras. A direção dos anéis de crescimento das seis lamelas que compõe o conjunto deve ser orientada alternadamente. A superfície não deve ser lixada e deve estar livre de detritos ou partículas soltas.

A colagem deve ser realizada dentro de 24 horas após a madeira ser aplainada. A colagem deve ser preparada em condições ambientes de tal forma que possam ser usados o tempo de montagem mínimo e máximo recomendado pelo fabricante do adesivo. Se necessário, as condições do ambiente devem ser ajustados para atender a essa exigência. As condições do ambiente em que a colagem é realizada devem ser anotadas.

O adesivo ensaiado deve ser misturado e aplicado em todas as superfícies de contato entre as lamelas de acordo com as instruções do fabricante do adesivo. O tempo de montagem deve ser em conformidade com o cronograma de temperatura e tempo de prensagem recomendado pelo fabricante do adesivo.

A pressão recomendada deve ser mantida durante todo o período de cura.

Apenas a linha de cola do meio do corpo de prova das seis lamelas poderá ser feita com um adesivo que não está sendo avaliado. O adesivo selecionado deve satisfazer os requisitos desta norma de delaminação

Preparação dos Corpos de Prova

Os corpos de prova prensados devem ser condicionados a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa, pelo menos, 2 dias antes da preparação dos corpos de prova de delaminação.

Após o condicionamento, os corpos de prova devem ser removidos da atmosfera de condicionamento para a preparação da amostra. Cada conjunto deve ser reduzido para uma largura de 130 mm por um corte de ambos os lados, após o qual o comprimento do corpo de prova será reduzido para cerca de 325 mm. Em seguida, três exemplares, sendo cada um de 75 mm de comprimento, devem ser cortados a partir do corte final do corpo de prova.

Em cada amostra deve ser marcada a posição da linha de cola com relação a uma face designada da montagem de ensaio. O efeito da marcação na linha de cola é para facilitar a determinação da delaminação percentual dentro de outra linha de cola a partir do mesmo conjunto. Por exemplo, as cinco linhas de cola de um conjunto de seis lamelas podem ser numeradas 1, 2, 3, 4 e 5, e as linhas de cola correspondentes dos três conjuntos preparados a partir da montagem devem ser numeradas 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 e 1-5 para o primeiro corpo de prova; 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 e 2-5 para o segundo corpo de prova, e 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 e 3-5 para o terceiro corpo de prova.

Antes do ensaio, a amostra deve ser condicionada a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa até atingirem um peso constante.

Ciclo de Delaminação

Os corpos de prova devem ser colocados em uma autoclave, separados por espaçadores, telas de arame ou outro meio para que todas as superfícies de topo estejam livremente expostas à água, os corpos de prova devem ser pressionados com peso para baixo

para não emergir com a água e a pressão. A água a $22 \pm 5^\circ\text{C}$ deve ser admitido em uma quantidade suficiente para submergir completamente as amostras. Um vácuo de 75 ± 10 kPa, deve ser feito e mantido por 2h, após o qual o vácuo deve ser liberado e uma pressão de 540 ± 20 kPa devem ser aplicadas por 2 h. A pressão é então liberada, e um vácuo é de 75 ± 10 kPa deve voltar a ser feito e mantido por 2 h, enquanto os conjuntos permanecem submersas. Este vácuo é então liberado, e uma pressão de 540 ± 20 kPa deve ser aplicadas novamente por 2h. Após este período de imersão, as amostras devem ser secas durante 88 h às $28 \pm 2^\circ\text{C}$, com circulação de ar suficiente para reduzir o seu peso dentro de 5 a 6% do peso da amostra original. Este ciclo de 4 dias (96h) (ciclo de vácuo, a pressão, imersão e secagem) deve ser repetido duas vezes, ou seja, este teste requer 12 dias para ser completo.

No período de secagem final, o comprimento total de delaminação (linhas de cola abertas) nas duas superfícies de topo de todas as amostras deve ser imediatamente medido com resolução de 1 mm. Falhas na madeira, devido as rachaduras ou linhas de cola aberta devido a nós, não deverá ser considerado como delaminação, e também as delaminações inferiores a 2,5 milímetros de comprimento ou mais de 5 mm de distância de qualquer gravação.



Figura 30 - Ciclo de Delaminação

Interpretação dos Resultados

Se apenas um dos conjuntos de teste de delaminação não cumpre os requisitos da cláusula 4.9, novo um conjunto, semelhante à aquele que falhou, deve ser preparado e testado. Se este satisfizer as exigências da cláusula 4.9, os resultados do teste do conjunto de teste inicial pode ser desconsiderada.

Se a linha de cola do meio é formada usando um adesivo que não seja aquele que está sendo testado e o conjunto falha na linha de cola do meio, é permitido a preparação e teste de uma montagem semelhante ao corpo de prova que falhou.

Cláusula 4.9

A delaminação total dentro de qualquer linha de cola de cada corpo de prova não deve exceder 1% do comprimento total de linhas de cola no topo de todos os espécimes na prensagem, quando testado em conformidade.

NOTA: Quando a linha de cola do meio na prensagem das seis lamelas é formada por outro adesivo diferente daquele que esta sendo avaliado, o comprimento total da linha de cola de topo de todas as amostras na montagem inclui a linha de cola central.

Anexo II - ENSAIO DE FLUÊNCIA

Preparação do teste

As amostras para o ensaio devem ser preparadas de acordo com um dos seguintes procedimentos:

Usando quatro conjuntos de comprimento total, ou seja, dois para o meio Ambiente A e duas para os Ambientes B1 e B2 (ver tabela 5); ou

Usando seis conjuntos de comprimento total, ou seja, dois de cada para Ambientes A, B1 e B2 (ver tabela 5)

Para cada conjunto de testes, devem ser preparadas duas lamelas externas de aproximadamente 16 mm de espessura X 60 mm de largura X 300 mm ao longo da fibra, e oito secções de madeira centro 16 mm de espessura X 60 mm de largura x 29 mm ao longo da fibra, a partir de madeira de comprimento adequado para o aplainado. As superfícies não devem ser lixadas e devem estar livres de detritos ou partículas soltas. A inclinação das fibras da madeira não deve ser superior a 1 em 15. Os materiais devem ser livres de nós maiores do que 3 milímetros de diâmetro e devem ser livres de defeitos, tais como, medula, bolsas de resina / estrias, manchas anormais, defeitos de usinagem e defeitos de secagem. Somente madeira com grã regular com oito ou mais anéis de crescimento por polegada deve ser utilizado.

A colagem deve ser realizada dentro de 24 horas após a madeira ser aplainada.

Cada corpo de prova deve ser preparado, alternadamente e deve se ter sete espaçadores revestido de metal ou outro material adequado com 6 mm de espessura X 16 mm de largura X 70 mm de comprimento na borda firmemente ao lado do centro de oito secções de madeira. As direções das fibras nas secções internas devem ser paralelas ao comprimento do conjunto. Os espaçadores devem ser ligeiramente mais estreitos que as secções de madeira para permitir a transferência de pressão adequada para as linhas de cola. O adesivo ensaiado deve ser misturado e aplicado a cada contato com as superfícies das duas lamelas externas (não as secções internas). As lamelas exteriores devem ser colocadas, com uma sobreposição de cerca

de 10 mm em cada extremidade, de modo que os anéis de crescimento devem ser orientados sendo eles côncavos a partir da linha de vínculo, ou seja, o sentido de crescimento da árvore é virado para a linha de cola.

A média dos tempos de montagem mínima e máxima recomendadas pelo fabricante do adesivo deve ser utilizada na preparação dos conjuntos. Se necessário, as condições do ambiente devem ser ajustados para atender as exigências. As condições do ambiente em que os corpos de prova são preparados devem ser anotadas.

O conjunto deve ser pressionado em conformidade com o cronograma de temperatura e pressão de tempo recomendado pelo fabricante do adesivo. A pressão recomendada deve ser mantida durante todo o período de cura

Enquanto o conjunto está sendo pressionado ou após a cura do adesivo, os espaçadores devem ser cuidadosamente empurrados para fora e o excesso de adesivo nas ranhuras resultantes deve ser removido.

Preparação dos Corpos de Prova

Os corpos de prova prensados devem ser condicionados a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ $65 \pm 5\%$ de umidade relativa, pelo menos, 2 dias antes da prensagem ser realizada.

Após o condicionamento, cada amostra deve ser reduzida para uma largura de 50 ± 1 mm por corte ao longo de dois de seus lados mais longos. Os painéis exteriores sobrepostos em ambos os lados devem ser aparados e nivelados com a parte interior.

Linhas perpendiculares ao eixo longitudinal da montagem e de uma borda do corpo de prova para o outro devem ser marcadas $\pm 0,5$ mm de comprimento médio de todas as seções do centro. A amostra deve ser então transversalmente marcada com 3 mm e centrada dentro de $\pm 0,5$ mm destas linhas.

Uma linha perpendicular às linhas de ligação exposto através do meio de cada uma das áreas coladas deve ser descrito usando um quadrado e lamela de barbear.

Um entalhe vertical de aproximadamente 10 mm de profundidade deve ser realizado em ambos o monte exterior.

Condicionamentos dos Corpos de Prova

As amostras para o Ambiente A devem ser condicionadas durante pelo menos 7 d a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ umidade relativa mínima de 95% antes do teste.

Caso as amostras sejam utilizadas nos mesmos ambientes B1 e B2, elas devem ser acondicionadas em $20 \pm 2^\circ\text{C}$ $65 \pm 5\%$ de umidade relativa até peso constante seja alcançada.

Quando amostras separadas são usadas para Ambientes B1 e B2, as amostras B1 devem ser condicionadas, conforme especificado na Cláusula 5.7.3.2.1, e as amostras B2 devem ser acondicionadas em $20 \pm 2^\circ\text{C}$ $30 \pm 5\%$ de umidade relativa até que um peso constante seja alcançado.

Procedimentos do Ensaio

Cada amostra deve ser inserida dentro das guias do tipo de compressão do gabarito, conforme descrito na norma ASTM D 3535. A placa de apoio como mostra a Fig3, deve ser inserida entre o topo do modelo e o espaçador de chapa n ° 2. (No caso do modelo não se estender um pouco além dos guias, blocos de filtro adicional serão utilizados no topo da amostra.) A mola deve ser inserida e o espaçador de chapa n ° 1 posicionado no topo da mola. Uma compressão suave deve ser exercida e as porcas de canto posicionadas.

O conjunto deve ser carregado em qualquer tipo de máquina de ensaios de compressão para o nível de tensão aplicável especificado na Tabela 56. As porcas de canto serão esticadas à mão para manter a compressão da mola. A porca do centro da haste deve ser posicionada e reforçada a 10 mm na chapa de topo.

Toda a unidade deve então ser colocada em uma câmara mantida nas condições ambientes especificadas na Tabela 56.

Se a amostra tiver sido exposta ao Ambiente A, B1 e B2, no final do período de carga aplicável especificado na Tabela 56, a fluência na amostra deve ser medida imediatamente após a remoção do espécime da câmara ambiental, com o modelo ainda sobre carga prevista na Tabela 56.

Para cada amostra, a fluência em cada uma das quatro linhas de cola expostas, devem ser medidas com a precisão de 0,1 mm e a fluência média deve ser registrada.

Nota: A fluência pode ser medida com o auxílio de um catetômetro, transdutor de deslocamento da câmera computadorizada, ou qualquer outro dispositivo de medição com a precisão requerida.

Cada amostra exposta ao Ambiente B1 deve ser descarregada a partir do gabarito de teste e permitir o equilíbrio da temperatura ambiente antes da recarga e teste sob Ambiente B2. No final do período de teste de 2 horas, a fluência na amostra deve ser medida em conformidade com os procedimentos previstos nas cláusulas 5.7.4.4 e 5.7.4.5.

Interpretação dos Resultados

Se qualquer linha de colada de um espécime quebrar durante o teste, ou se a exigência de fluência desta norma não for satisfeita, um novo teste será permitido, desde que a porcentagem de falhas nas linhas de cola sejam de 95% ou mais.

Se apenas um dos dois corpos de prova em cada teste não cumprirem os requisitos desta norma, será permitida a preparação e o teste de uma amostra mais semelhante ao modelo que falhou. Se a amostra atender aos requisitos adicionais da presente norma, os resultados do ensaio para o modelo original devem ser desconsiderados.

Se as quatro amostras de comprimentos parciais provenientes de um espécime de corpo inteiro não cumprirem os requisitos desta norma, será permitido o descarte de uma das amostras de comprimento parcial. Se as outras três amostras de comprimento parcial de um dos modelos de corpo inteiro, e as quatro amostras de comprimento parcial do outro espécime de corpo inteiro, satisfazer os requisitos desta norma, o adesivo pode ser considerado adequado aos requisitos da norma.

Nota: As amostras de comprimento de corte parcial do mesmo dois exemplares de corpo inteiro para cada condição de teste devem ser numeradas de modo que o modelo original completo pode ser identificado. Por exemplo, 1-1, 1-2, 1-3 e 1-4 para o corpo de prova 1 e 2-1,2-2,2-3 e 2-4 para o corpo de prova 2.

Tabela 56 - Condições ambientais para corpos de prova de resistência de fluência.

Ambiente de Teste	Condições antes do Teste	Condições sobre carga	Nível de Tensão MPa*
A	Pelo menos 7 dias a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a umidade relativa mínima de 95%	7 dias a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a umidade relativa mínima de 95%	2.5 ± 0.1
B1	A $20 \pm 2^\circ\text{C}$ $65 \pm 5\%$ de umidade relativa ate o peso constante ser atingido	7 dias a temperatura de ar mínima de 70°C umidade relativa do ambiente	$2.5 \pm 0.1^{**}$
B2	Se forem utilizados os mesmos espécimes dos Ambientes B1 e B2 cada amostra exposta ao meio ambiente B1 é descarregada a partir do gabarito de teste permitindo o equilíbrio de temperatura do ambiente. Se as amostras separadas são usadas para o Meio Ambiente B1 e B2, os espécimes B2 estão condicionadas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ $30 \pm 5\%$ de umidade relativa até o peso constante ser atingido.	2 h a uma temperatura mínima de 180°C umidade relativa do ar ambiente.	$2.1 \pm 0.1^{**}$

* O nível de tensão é a tensão de cisalhamento por junta na amostra. A área de linha de cola para cada conjunto é de $2 \times 13 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} = 1300 \text{ mm}^2$. Portanto a força necessária no modelo, por exemplo, para testar o Ambiente A, é $2,015 \text{ in}^2 \times 362,5 \text{ psi} = 730 \text{ lb}$.

** O nível de tensão aplicado deve ser aumentado para compensar a diminuição da constante da mola, quando o modelo de fluência é aquecido a 50, 70 ou 180°C . Isto pode ser determinado comparando à constante da mola a temperatura ambiente com o quando a mola é aquecida à temperatura especificada.

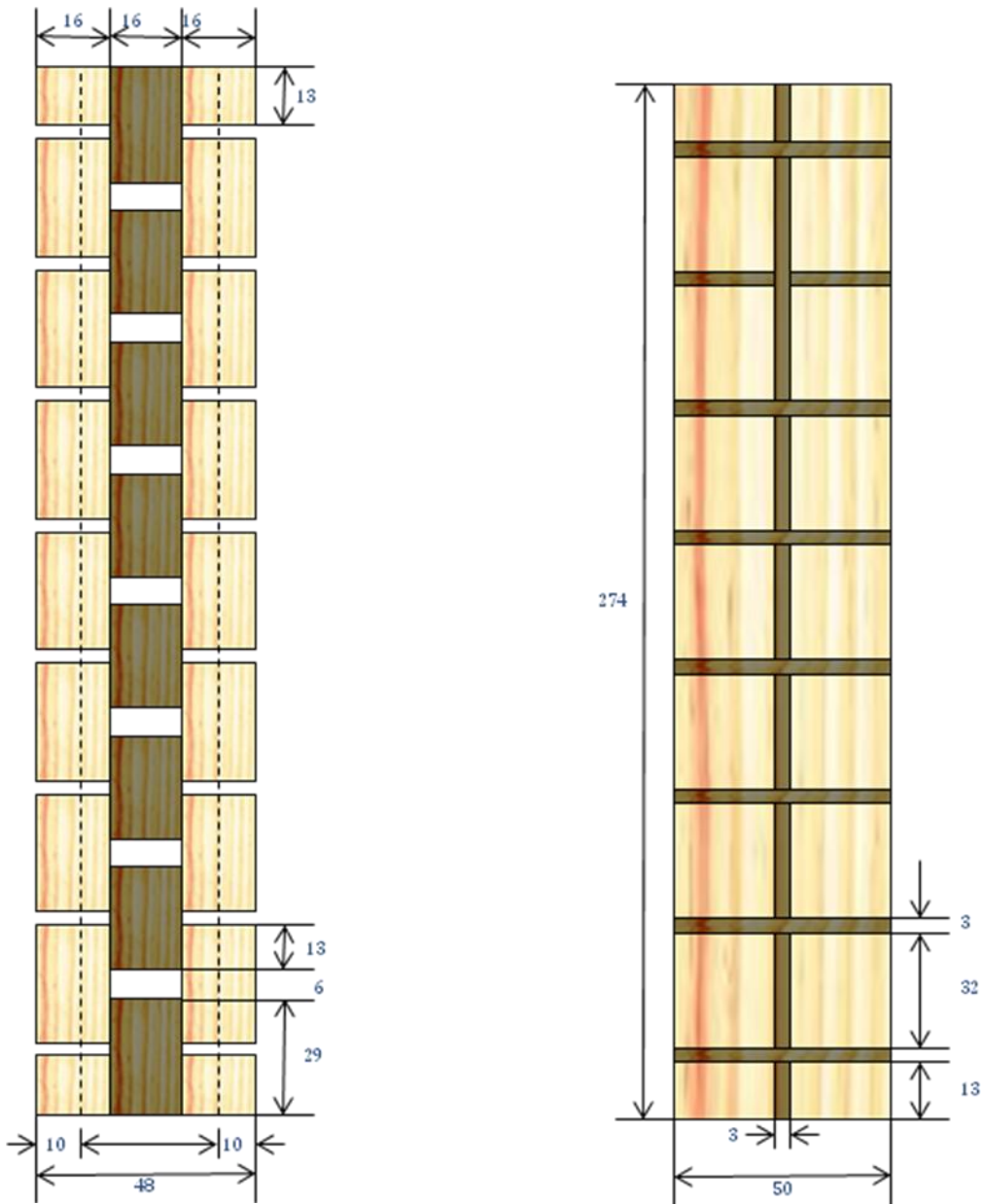


Figura 31 - Corpo de prova de fluência.