

CILENE CRISTINA BORGES

**POTENCIALIDADE DO USO DE CRUZETAS DE
MADEIRA TRATADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Engenharia Florestal”.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Moreschi

CURITIBA
2008

Dedico este trabalho ao meu orientador
Prof. Dr. João Carlos Moreschi

AGRADECIMENTOS

Ao meu País, Brasil, pela integral formação em escolas públicas.

À Universidade Federal do Paraná por minha formação universitária em Engenharia Industrial Madeireira e Mestrado em Engenharia Florestal.

Ao Professor João Carlos Moreschi pelo valioso direcionamento dado como orientador de mestrado, e também pela paciência, amizade, carinho e respeito que sempre teve para comigo.

À Professora Graciela Inêz Bonzon de Muniz pelo apoio e compreensão sempre recebidos.

Ao professor Ivan Tomaselli pelos valiosos conselhos e carinho para comigo.

Ao Professor Márcio Pereira da Rocha pelo espaço que sempre tive, junto ao Laboratório de Biodegradação e Preservação da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.

Ao Professor Umberto Klock, pessoa que admiro com carinho, pela amizade nos momentos difíceis e apoio sempre que precisei.

Ao Professor Ricardo Jorge Klitzke pela amizade, companheirismo e apoio na execução do projeto de Dissertação.

Ao Professor Carlos Firkowski, pelos conselhos práticos nas operações de desdobro de toras, confecção das cruzetas, compra de ferramentas e corte de corpos de prova.

Ao Professor Jorge Luis Monteiro de Matos pela gentileza e ajuda nos ensaios mecânicos.

Ao Professor Carlos Sanqueta pela amizade, jovialidade e alegria de ser.

Ao Professor Carlos Roderjan pela gentileza de palavras sempre boas e alegres.

À secretária do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Senhora Ivone Costa França pela dedicação, por sua colaboração e carinho para com os alunos.

Aos servidores do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Vitor Daniel Herrera, Antônio Perin e Ademir José Cavalli pela amizade e colaboração.

Ao engenheiro florestal, mestre em Botânica, Ceusnei Simão pelo companheirismo, amizade, carinho, presteza e apoio técnico.

Ao engenheiro florestal mestrando Djeison Cesar Batista, pelo apoio físico e intelectual nas atividades de secagem da madeira.

Ao engenheiro florestal doutorando Guilherme Prata pelo apoio na execução dos ensaios mecânicos.

Aos alunos de graduação em Engenharia Industrial Madeireira Daniel Lourenço Savioli,

Carlos Vinícios Taborda Santos, Ricardo Uchoa, Oksana Mori, Pedro Henrique Pessine, Alexandre Leon Barbosa, Rafaela Faber de Campos e Shaelly Talisin Targas pelo apoio no preparo do material e ensaios.

Ao Senhor Cícero Ferreira, da empresa Flosul Ind. Com. Madeiras Ltda , localizada em Capivari do Sul, Rio Grande do Sul, pela doação e transporte das amostras de *Eucalyptus cloeziana* utilizadas no projeto.

Ao senhor Jackson César C. Alves, da empresa Madtrat Madeiras Tratadas – J.C. Correa Alves & Cia. Ltda, localizada em Santa Cruz do Rio Pardo, São Paulo, pela doação e desbobro das amostras *Corymbia citriodora*.

Ao Senhor Miguel Procopiak, da empresa Procopiak Compensados e Embalagens S.A., localizada em Canoinhas, São Paulo, pela doação, desdobro e transporte das amostras de *Eucalyptus dunnii*.

À Rondo Maquinas e Madeiras Ltda. – TWBrazil, empresa localizada em Ponta Grossa, Paraná, pela realização do tratamento em autoclave, em especial ao Engenheiro Eugênio Alfredo G. Rilling, pelo carinho e atenção dispensados.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Cilene Cristina Borges, Filha de João Batista Borges e Tereza Barnabé Borges, nasceu em 2 maio de 1979, no Hospital Santa Casa de Cristina, em Cristina, Estado de Minas Gerais.

Iniciou o ensino fundamental na Escola Municipal Deputado Euclides Pereira Cintra, no Bairro Lambari, Município de Cristina, Minas Gerais, onde estudou até a terceira série, mudando-se depois para a Escola Estadual Carneiro de Rezende, onde estudou até a quarta série.

Conclui o ensino fundamental na Escola Estadual Cônego Artêmio Schiavon, no Município de Cristina, Minas Gerais, em 1993.

Conclui o ensino médio na mesma escola, em dois cursos, o Magistério, finalizado em 1996 e o segundo grau científico, em 1997.

Ingressou na Universidade Federal do Paraná em 2001, no Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Trabalhou como bolsista no Laboratório de Biodegradação e Preservação da Madeira, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em 2001, sob orientação do Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha, e bolsa da Universidade Federal do Paraná.

Trabalhou como Monitora da Disciplina Computação Aplicada à Engenharia Industrial Madeireira, no ano de 2002, sob orientação do Prof. Dr. Arnaud Bonduelle.

Tornou-se bolsista de Iniciação Científica do Laboratório de Biodegradação e Preservação da Madeira em 2003, sob orientação do Prof. Dr. João Carlos Moreschi, e bolsa do Programa UFPR/TN da Universidade Federal do Paraná.

Graduou-se como Engenheira Industrial Madeireira pela Universidade Federal do Paraná em abril de 2006.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, em 2006.

Tornou-se professora temporária do Curso de Engenharia Florestal da Fundação Universitária do Oeste de Santa Catarina e dos Cursos de Engenharia Industrial Madeireira e Engenharia de Produção da Universidade do Planalto Catarinense, em fevereiro de 2008.

Tornou-se professora substituta do Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal do Paraná em setembro de 2008.

SUMÁRIO

Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	ix
Lista de equações	x
Resumo	xi
Abstract	xi
1 Introdução.....	13
2 Revisão de literatura.....	15
2.1 Cruzetas	15
2.1.1 Cruzetas de madeira	15
2.2 A madeira	18
2.2.1 <i>Corymbia citriodora</i>	18
2.2.2 <i>Eucalyptus cloeziana</i>	19
2.2.3 <i>Eucalyptus dunnii</i>	20
2.3 Agentes degradadores da madeira.....	21
2.3.1 danos causados por fungos	21
Podridão mole.....	21
Podridão parda.....	21
Podridão branca	22
2.3.2 Danos causados por insetos	22
Ordem Hymenoptera.....	22
Família Formicidae	22
Ordem Isoptera	22
Cupins subterrâneos ou cupins de solo	23
Cupins de madeira seca	23
2.4 Preservação de madeiras.....	23
2.4.1 Processos de célula cheia.....	25
2.4.2 Processos de célula vazia.....	25
2.4.3 Produtos preservativos.....	25
2.5 Fatores que afetam a penetração e absorção de preservativos na madeira.....	26
2.5.1 Elementos vasculares	26

2.5.2 Tecido radial	27
2.5.3 Relação cerne/alburno	27
2.5.4 Permeabilidade da madeira	28
2.6 Propriedades mecânicas	28
2.6.1 Resistência à flexão	28
2.7 Fatores que influenciam as propriedades mecânicas da madeira.....	29
2.7.1 Grã.....	29
2.7.2 Densidade da madeira	30
3 Material e métodos.....	32
3.1 Espécies estudadas - coleta.....	32
3.2 Amostragem e desdobro do material.....	33
3.2.1 <i>Corymbia citriodora</i>	33
3.2.2 <i>Eucalyptus cloeziana</i>	34
3.2.3 <i>Eucalyptus dunnii</i>	34
3.3 Identificação das espécies.....	35
3.4 Pré-secagem, usinagem do material, tratamento em autoclave e secagem	35
3.4.1 Pré-secagem	35
3.4.2 Usinagem	35
3.4.3 Tratamento	37
3.4.4 Secagem.....	38
3.5 Análise dos defeitos e rendimento das peças utilizadas	38
3.6 resistência mecânica.....	40
3.6.1 Determinação da densidade aparente e umidade das amostras.....	43
3.6.2 Determinação do desvio de grã.....	43
3.7 Ensaio de penetração (CCA)	44
3.8 Análises estatísticas	44
4 Resultados e discussão	46
4.1 Percentual de rendimento das peças.....	46
4.2 Avaliação de defeitos das amostras.....	47
4.3 Resistência à flexão estática	49
4.4 Penetração de tratamento preservativo	56
4.5 Considerações econômicas e funcionais	57
5 Conclusões e recomendações	59
6 Referências bibliográficas	61
Anexo 1 – Controle de umidade	66

Anexo 2 – Tabelas de defeitos.....	70
Anexo 3 – Certificado de calibração da máquina utilizada para os ensaios mecânicos de flexão estática.....	74
Anexo 4 - Ensaio de flexão.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cruzetas de madeira	16
Figura 2 – Área de coleta das amostras da fazenda da flosul.....	34
Figura 3 – Esquema gráfico das dimensões das cruzetas (mm), segundo a nbr 8459/1984	37
Figura 4 – Gráfico representativo do programa de tratamento das cruzetas – processo bethell	37
Figura 5 – Detalhamento do teste de flexão mostrando a distância de aplicação dos esforços (mm)	41
Figura 6 – Seção transversal das amostras: a = amostras com menor momento de inércia; b= amostras com maior momento de inércia	41
Figura 7 - Montagem do ensaio (a) e posicionamento dos deflectômetros esquerdo (b) e direito (c).....	42
Figura 8 – Esquema de montagem da medição de desvio da grã	43
Figura 9 – Rachaduras desenvolvidas durante o processo de desdobro	46
Figura 10 – Fendas e rachaduras apresentadas pelos corpos de prova confeccionados com a espécie <i>Eucalyptus dunnii</i>	49
Figura 11 – Comportamento linear entre a tensão exercida e a deformação resultante, observado em amostras de <i>Corymbia citriodora</i>	50
Figura 12 - Comportamento linear entre a tensão exercida e a deformação resultante, observado em amostras de <i>Eucalyptus cloeziana</i>	51
Figura 13 - Comportamento linear entre a tensão exercida e a deformação resultante, observado em amostras de <i>Eucalyptus dunnii</i>	51
Figura 14 – Gráfico de correlações entre o teor de umidade, densidade, rigidez e resistência à flexão das amostras de <i>Eucalyptus cloeziana</i>	55
Figura 15 – Penetração do preservativo cca no alburno da madeira de	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies florestais de uso regulamentado na fabricação de cruzetas	17
Tabela 2 – Resistência à flexão	17
Tabela 3 - Dimensionamento.....	36
Tabela 4 - Número de corpos de prova necessário para representar as espécies de madeira incluídas neste trabalho.....	45
Tabela 5 – Rendimento da produção experimental de cruzetas	46
Tabela 6 - Percentual de defeitos das amostras	47
Tabela 7 – Tabela de cargas e deformações das amostras submetidas ao ensaio de flexão estática	50
Tabela 8 – Variação da rigidez da madeira das amostras.....	
Tabela 9 - Variação do resistência à flexão das amostras.....	53
Tabela 10 – Variáveis que afetam os ensaios mecânicos.....	54
Tabela 11 – Variáveis para cálculo da diferença de massa entre as espécies utilizadas e o concreto armado	58
Tabela 12 – Preço de cruzetas	58

LISTA DE EQUAÇÕES

$F_M = \frac{M_{\max}}{W_E}$	(1).....		29
$E_{M0} = \frac{(F_{M,50\%} - F_{M,10\%})L^3}{(V_{50\%} - V_{10\%})4bh^3}$	(2).....		29
$\rho_r = \frac{m_r}{V_r}$	(3).....		30
$m_u = m_0(1 + u)$	(4).....		31
$V_u = V_0(1 + \alpha V_u)$	(5).....		31
$F_{12} = F_{u\%} \left[1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right]$	(6).....		31
$D_{0\%} = D_{15\%} - D_{15\%} \times u \times CR$	(7).....		36
$D_u = D_{0\%} + D_{0\%} \times u \times CR$	(8).....		36
$\%U = \frac{Pu - Ps}{Ps} \times 100$	(9).....		43
$N = \frac{z^2 \times p \times q}{e^2}$	(10).....		44
$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$	(11).....		45
$S = \sqrt{S^2}$	(12).....		45
$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$	(13).....		45

RESUMO

Neste trabalho são apresentados dados relativos à potencialidade do uso da madeira de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus dunnii* como cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica. Os resultados apresentam o rendimento do processo produtivo para cada espécie, com análise de defeitos, análise dos ensaios mecânicos de flexão, estudo de penetração em tratamento com o preservativo CCA e discussão relativa a considerações econômicas e funcionais do material madeira. Eles também mostram que a espécie *Corymbia citriodora* apresentou o melhor rendimento, com 75% de rendimento para as cruzetas produzidas, seguido pelo *Eucalyptus cloeziana*, com 42%. Para esse último caso, mesmo com um rendimento inferior há demonstração de viabilidade econômica de produção. A espécie *Eucalyptus dunnii* foi desclassificada, por apresentar um rendimento inferior, de apenas 7%, devido ao aparecimento de grandes fendas e rachaduras durante o processo de secagem, provavelmente devido à alta tensão de crescimento combinada com técnicas de manejo florestal não previsto para a obtenção de madeira destinada a esta finalidade. Os ensaios mecânicos demonstraram que tanto a espécie *Corymbia citriodora* quanto a *Eucalyptus cloeziana* atendem aos requisitos de resistência da norma técnica NBR 8458/1984, embora o *Eucalyptus cloeziana* tenha apresentado variabilidade nos resultados obtidos. Do tratamento preservativo das cruzetas, observou-se penetração total no alburno da espécie *Corymbia citriodora* o que, em conjunto com o cerne naturalmente resistente e o rendimento produtivo, classifica essa espécie como a mais indicada entre as estudadas. Com base nos resultados obtidos conclui-se que o uso de cruzetas de madeira é viável, além de menos impactante ao meio ambiente, por se tratar de um recurso natural renovável. Sugere-se que os critérios da norma técnica NBR-8458/1984 sejam reavaliados, e que seja feita a inclusão de novas espécies, bem como o uso de madeiras tratadas, em seu conteúdo, tendo em vista a indisponibilidade/possibilidade de uso de maior valor agregado de várias das espécies normatizadas e a potencialidade do uso de madeira tratada advinda de florestas plantadas.

Palavras chaves: madeira, cruzetas, resistência à flexão.

ABSTRACT

This work presents data about the potential use of wood from *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus dunnii* species as crossarm used on utility poles. Results compare the productive process efficiency of each species with an analysis of defects, mechanical properties, and a study of CCA preservative penetration in the wood, including economic and functional (material) considerations about wood as material. The results (also) show that the specie *Corymbia citriodora* presented the highest performance, with 75%, followed by *Eucalyptus cloeziana*, with 42%, which, even with a lower performance, shows economic viability of production. The specie *Eucalyptus dunnii* was disqualified due to a very low yield, of only 7%, caused by (and because of) fissures and cracks developed during the drying process, probably because of the high growth stress combined with inadequate forest management techniques for obtaining wood for this purpose. The bending strength test shows that both species, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus cloeziana*, attend the resistance requirements of the Brazilian Standard NBR 8458, although the *Eucalyptus cloeziana* showed great variability in the tests. There was penetration of CCA in the sapwood of the specie *Corymbia citriodora* which, with the heartwood natural resistance and production efficiency, classifies this species as the best among the ones studied. Based on the results, the use of wood as material to crossarms is viable and less harmful to the environment, since it is a natural and renewable resource. It is suggested changes on Standard NBR 8458 to re-exam the possibility of including others wood species, as well as contents of treated wood.

Key words: wood, crossarms, bending strength.

1 INTRODUÇÃO

Práticas que visem amenizar impactos ambientais têm se tornado cada vez mais urgente no mundo globalizado dos tempos atuais. O uso de produtos naturais renováveis advindos de floresta plantada é uma das alternativas para atender a demanda tecnológica em um contexto de sustentabilidade.

O uso da madeira, além de ser ambientalmente correta, apresenta inúmeras vantagens inerentes ao próprio material. Entre elas podem ser citadas a alta relação resistência mecânica por unidade de massa e as propriedades de resistência tanto à tração quanto à compressão e flexão.

Entre os diversos usos possíveis do material madeira encontram-se a utilização como cruzetas para linhas elétricas de transmissão, cuja utilização atualmente é regida pela NBR 8458/1984, a qual contempla quase que exclusivamente espécies nativas conhecidas como madeira de lei e algumas espécies do gênero *Eucalyptus* com a exigência de utilização de puro cerne.

Das espécies cuja utilização é permitida por lei, algumas praticamente não existem mais, como é o caso da Aroeira (*Astronium urundeúva*), a Braúna (*Melanoxylon brauna*), Sassafrás (*Ocotea pretiosa*) e a Imbuía (*Ocotea porosa*).

Outras têm, no mínimo, possibilidade de uso muito mais nobre, como o Ipê (*Tabebuia sp.*), o Roxinho (*Peltogyne sp.*), o Jatobá (*Hymenea sp.*), a Maçaranduba (*Manilka longifolia*), etc.

Dentre as espécies exóticas, são permitidas apenas as espécies *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus tereticornis* e *Corymbia citriodora*, desde que isentos completamente de alburno. Como em geral o cerne das madeiras se torna impermeável, a proibição do uso do alburno faz com que o uso de madeira tratada não seja contemplado pela norma citada, ainda que essa seja uma forma racional de diminuir a pressão de exploração sobre as essências nativas.

O Brasil é tradicionalmente um país florestal, seja por possuir a maior área de florestas nativas do mundo ou pelo desenvolvimento vigoroso que algumas espécies exóticas do gênero *Eucalyptus* encontraram nos nossos solos brasileiros.

De espécies pertencentes a esse grupo, foram escolhidas para esse experimento as espécies *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus dunnii*, as quais são utilizadas como exemplos para exame de caso entre outras espécies plantadas que seriam possíveis para a finalidade de produção de cruzetas para serem utilizadas em linhas de distribuição ou mesmo transmissão de energia elétrica.

O *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, anteriormente denominado *Eucalyptus citriodora* foi escolhido por sua alta resistência natural e pelo fato de o mesmo já ser

contemplado pela norma para a fabricação de cruzetas, ainda que com a restrição de utilização exclusiva do cerne, o que não ocorrerá neste trabalho.

Tal espécie possui um crescimento mais lento, mas prima pela alta resistência mecânica. Há, comumente, na produção dessa madeira associação com extração de óleo essencial, que faz com que árvores de menor porte estejam disponíveis, enquanto as de maior porte são escassas. A restrição de presença de alburno elimina a possibilidade do uso de fustes de menor diâmetro, restringindo a produção de cruzetas

O *Eucalyptus cloeziana* foi introduzido no Brasil há mais de 20 anos e nos locais onde a espécie foi testada, a mesma tem apresentado bom crescimento, colocando-se entre as dez melhores espécies plantadas. O plantio é recomendado nas faixas latitudinais 18-19° S, o que privilegia os Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, mas bons resultados têm sido alcançados também em outras regiões. A espécie possui grande potencial, tanto na resistência mecânica quanto natural, tendo assim sido incluída nesse trabalho.

O *Eucalyptus dunnii* foi escolhido em função de seu desempenho em crescimento, e de sua resistência à geada, o que permite que o mesmo seja cultivado nas áreas mais frias do Brasil, especialmente na Região Sul do país.

O objetivo geral do trabalho foi estudar a potencialidade do uso de cruzetas de madeira feitas a partir das espécies citadas, com respaldo às características técnicas da madeira como material estrutural naturalmente resistente ou tratável, bem como às necessidades e potencialidades do setor de energia elétrica brasileiro.

Dentro desse contexto os objetivos específicos propostos foram:

- Calcular o rendimento da produção experimental de cruzetas para as três espécies propostas.
- Apresentar análise de defeitos de secagem do material durante o processo.
- Avaliar as propriedades mecânicas concernentes aos esforços requeridos por cruzetas de madeira em linhas de distribuição.
 - Caracterizar o alburno da madeira de *Corymbia Citriodora* quanto à capacidade de penetração de produto preservativo na madeira, visando classificá-las como material passível ou não de tratamento preservativo.

Como resultados são apresentados discussões embasadas em ensaios de propriedades mecânicas de resistência à flexão estática para as três espécies objetivo de estudo, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus dunnii*.

Também são abordados resultados de ensaios de penetração de produto preservativo para a espécie *Corymbia citriodora*, em tratamento com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), com discussões sobre a viabilidade do uso da madeira tratada dentro do com texto econômico e político brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CRUZETAS

“Cruzetas são peças de madeira de eixo sensivelmente retilíneo, sem emendas, destinada a suportar condutores e equipamentos de redes aéreas de distribuição de energia elétrica” (NBR 8458/1984).

Os materiais mais utilizados para sua fabricação são madeira, concreto armado e aço (DALFRÉ, 2007).

Dentre esses materiais, a madeira destaca-se por ser um recurso natural renovável, de baixo custo energético, com capacidade de fixar carbono a partir de uma fonte de energia difusa, a luz solar.

Segundo dados Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE), citados no Anuário expressão gestão social de 2006, apenas um hectare cultivado com eucalipto em um ciclo de 12 anos é capaz de fixar, anualmente, 12,1 toneladas de carbono da atmosfera. O que significa dizer que ao longo de 12 anos um único poste de eucalipto terá sequestrado 605 quilos de dióxido de carbono da atmosfera e fixado 165 quilos de carbono.

O concreto e o aço também demandam grande quantidade de energia para serem produzidos, pois, em no processo de fabricação são utilizadas altas temperaturas, o que deve ser levado em consideração, haja vista a escassez proeminente de recursos energéticos do planeta.

De acordo com a CEEE (2006), uma tonelada de concreto utiliza 26 quilos equivalentes de carvão no seu processo produtivo (26 toneladas), valor 32 vezes maior do que a energia necessária para produzir a mesma tonelada de madeira.

Afora isso, é generalizadamente conhecido que os processos produtivos, tanto do aço quanto o do concreto, são nocivos ao meio ambiente, devido à necessidade de obtenção de matéria prima não renovável através de exploração de jazidas de minério de ferro, principalmente a hematita e o carvão mineral, no caso do aço, e a pedra calcária argilosa ou pedra calcária magnésia e pedra brita para o concreto.

2.1.1 Cruzetas de madeira

As especificações de cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica são fixadas pela NBR 8458 de abril de 1984, a qual fixa as condições exigíveis para a preparação e recebimento de cruzetas de madeira (Figura 1), de seção retangular, não preservadas, destinadas a redes aéreas de distribuição.



FIGURA 1 – CRUZETAS DE MADEIRA

FONTE: DALFRÉ (2007)

Ainda segundo a NBR 8458, as cruzetas devem ser fabricadas a partir de madeira das seguintes espécies (Tabela 1), em madeira de lei e puro cerne. Além dessas, podem ser utilizadas outras espécies de madeira como Canafístula, *Eucalyptus* das espécies *alba* e *tereticornis* e *Corymbia citriodora* (ex *Eucalyptus citriodora*), desde que isentos totalmente de alborno e Peroba. Entretanto, algumas delas já se encontram protegidas por lei, não sendo sua utilização permitida.

As dimensões das cruzetas de madeira são especificadas pela NBR 8459 de 1984, a qual padroniza as cruzetas para redes de distribuição. De acordo com essa norma, as cruzetas podem ser de 2,00, 2,40, 5,00 e 6,00 metros de comprimento.

No relativo à resistência a flexão, as cruzetas devem satisfazer as exigências de flechas e de cargas de ruptura, conforme a tabela 2.

TABELA 1 – ESPÉCIES FLORESTAIS DE USO REGULAMENTADO NA FABRICAÇÃO DE CRUZETAS

Nome popular	Abrev.	Espécie
Angico vermelho	AG	<i>Piptadenia rígida</i>
Angico preto	AE	<i>Piptadenia macrocarpa</i>
Angelim pedra	AP	<i>Dinizia excelsa</i>
Aroeira	AR	<i>Astronium urundeúva</i>
Braúna	BR	<i>Melanoxylon brauna</i>
Cabriúva vermelha	CV	<i>Myroxylon balsamun</i>
Cabriúva parda	CP	<i>Mycrocarpus sp</i>
Faveiro	FV	<i>Pterodon pubscens</i>
Garapa	GP	<i>Apulela sp</i>
Imbuía	IB	<i>Ocotea porosa</i>
Ipê	IP	<i>Tabebuia sp</i>
Itapirucu	IT	<i>Goniorrachis marginalis</i>
Jatobá	JB	<i>Hymenaea sp</i>
Maçaranduba	MB	<i>Manilka longifolia</i>
Pequi	PQ	<i>Cariocar sp</i>
Pau-pereira	PR	<i>Platycyamus regnellii</i>
Roxinho	RX	<i>Peltogyne sp</i>
Sucupira amarela	SA	<i>Ferreirea spectabilis</i>
Sucupira parda	SP	<i>Bowdichia sp e Diplotropis sp</i>
Sucupira vermelha	SV	<i>Lecythis sp</i>
Sassafráz	SS	<i>Ocotea pretiosa</i>

FONTE: NBR 8458 (1984)

TABELA 2 – RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Comprimento (L) (mm)	Descrição do carregamento	Resistência (F) (daN)	Flecha (mm)	
			Máxima	Residual máxima
2000	Nominal	400	75	3
	Máximo excepcional	560	100	5
	Mínimo de ruptura	800	-	-
2400	Nominal	400	115	5
	Máximo excepcional	560	163	8
	Mínimo de ruptura	800	-	-
5000	Nominal	400	95	4
	Máximo excepcional	560	132	7
	Mínimo de ruptura	800	-	-
6000	Nominal	400	140	6
	Máximo excepcional	560	200	10
	Mínimo de ruptura	800	-	-

FONTE: NBR 8458 (1984)

2.2 A MADEIRA

A madeira é um material composto de células produzidas por uma árvore viva para suportar a copa, conduzir água e nutrientes dissolvidos do solo à copa, armazenar materiais de reserva (principalmente carboidratos), sendo um tecido complexo devido a sua formação por diferentes tipos de células com funções diferenciadas (KLOCK, 2006).

À medida que a árvore cresce, as partes internas se distanciam do câmbio, perdendo gradativamente sua atividade vital (BURGER & RICHTER, 1991).

As células com a função de sustentação ou condução de água são mortas na maturidade funcional. Em contraste, as células de armazenagem de substâncias nutritivas (parênquima) são vivas quando no estado funcional. A porção da madeira do tronco com células de parênquima vivas é a porção mais externa que é chamada de alburno. Quando as células de parênquima morrem, este evento marca a transformação do alburno em cerne. (KLOCK, 2006).

A madeira composta por células mortas é denominada cerne e freqüentemente apresenta uma coloração mais escura em decorrência da deposição de taninos, resinas, gorduras carboidratos e outras substâncias resultantes. (BURGER & RICHTER, 1991).

Além das modificações mencionadas, em determinadas folhosas, associado à formação do cerne observa-se a ocorrência de tilose, uma obstrução do lume dos vasos por tilos, que consiste em proliferações de células parenquimáticas adjacentes que neles penetram pelas pontoações. Esse fenômeno é atribuído à diferença de pressão entre os vasos, e tecnologicamente implica na obstrução das vias normais de circulação de líquidos, o que dificultam o processo de impregnação da madeira (BURGER & RICHTER, 1991).

2.2.1 *Corymbia citriodora*

O *Corymbia citriodora* Hill & Johnson é uma árvore média a grande, ocasionalmente podendo atingir 50 m de altura e 1,2 m de diâmetro a altura do peito, com excelente forma do tronco e pouca folhagem.

Segundo o guia “Madeira: uso sustentável na construção civil” (IPT, 2003), a ocorrência de plantios dessa espécie, no Brasil, se dá nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Maranhão, Pernambuco e Paraíba e as características gerais da madeira são: cerne e alburno distintos pela cor, sendo o primeiro pardo e o último branco-amarelado. A madeira não possui brilho, nem cheiro e gosto perceptíveis, sua densidade é alta, dura ao corte, com grã variável: direita, ondulada e revessa, e textura variando de fina a média.

A descrição anatômica cita as seguintes características para o *Corymbia citriodora* (IPT,

2003):

Parênquima axial: visível apenas sob lente; paratraqueal vasicêntrico e aliforme de aletas curtas; raios finos; de poucos a numerosos, visíveis apenas sob lente no topo e na face tangencial; poucos vasos: visíveis a olho nu, pequenos a médios; porosidade difusa com arranjo radial e diagonal, podendo ser solitários e/ou múltiplos, obstruídos por tilos. As camadas de crescimento são pouco distintas, e quando presentes, são individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Há presença de canais axiais traumáticos em alguns espécimes.

Apresenta cerne impermeável, difícil de ser tratado, e alburno permeável. No que concerne à durabilidade natural do cerne, a madeira é suscetível à ação de xilófagos marinhos e apresenta resistência ao apodrecimento, com informações contraditórias no relativo ao ataque de cupins (IPT, 2003).

A madeira é excelente para serraria, com boas características de aplainamento, lixamento, furação e acabamento, mas requer o uso de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de crescimento (IPT, 2003).

Quanto à secagem, a madeira pode apresentar defeitos de colapso, empenamento e rachas e a secagem em estufa deve ser feita com a utilização de programas suaves que combinem baixas temperaturas e altas umidades relativas. A secagem ao ar ou em pré-secador é recomendada antes da secagem final em estufa (IPT, 2003).

Apresenta densidade aparente a 15% de umidade de 1 040 kg/m³ e densidade básica de 867 kg/m³, com contração radial de 6,6 %, tangencial de 9,5 % e volumétrica: 19,4 %. A resistência da madeira verde é de 111,8 MPa, e a 15 % de umidade a mesma apresenta uma resistência à flexão de 121,4 MPa, A rigidez da madeira da madeira verde é de 13.337 MPa e (IPT, 2003).

2.2.2 *Eucalyptus cloeziana*

Segundo o Instituto de Pesquisas Florestais do Estado de São Paulo – IPEF (2008), o *Eucalyptus cloeziana* é a espécie que tem um dos melhores crescimento no sul de Queensland, particularmente na área de Gympie, onde atinge 55 m de altura e 2 m de DAP, com excelente forma do tronco.

No Brasil, o *Eucalyptus cloeziana* foi introduzido há mais de 30 anos (GOLFARI *et alli*, 1978) e em locais onde a espécie foi testada experimentalmente, a mesma tem apresentado bom crescimento, colocando-se entre as dez melhores espécies plantadas (KISE, 1977; GOMES *et alli*, 1977; MOURA *et alli*, 1980; MOURA & COSTA, 1985; MOURA *et alli*, 1993).

Tratando de uma espécie oriunda de zonas predominantes tropicais, ela é susceptível a geadas e não se adapta bem em regiões com deficiência hídrica severa. A madeira produzida pela espécie *Eucalyptus cloeziana* F. Muell é de alta densidade, durável e com ampla utilização. As plantações estabelecidas fora da Austrália tem como finalidades principais: serraria, postes, escoras, estruturas, dormentes etc (IPEF, 2008).

O *Eucalyptus cloeziana* tem o cerne distinto do alburno, com coloração marrom-rosado e o alburno é marrom-pálido. As camadas de crescimento são distintas, a grã é reversa, apresenta textura média e a figura tangencial de sua madeira dispõe-se em linhas vasculares pouco destacadas, com brilho ausente e cheiro é imperceptível (GONÇALEZ *et alli*, 2006).

A sua madeira é levemente pesada, apresenta elevada estabilidade dimensional e média permeabilidade (IWAKIRI, 2008), com elevada resistência ao ataque de cupins de madeira seca (SILVA *et alli*, 2004) e média permeabilidade (IWAKIRI, 2008).

Em amostras de 17 anos de idade, Gonzalez *et alli* (2006) encontraram que a madeira possui densidade básica de 670 Kg/m^3 , com retratibilidade volumétrica, tangencial e radial de 15,19 , 10,09 e 5,51 , respectivamente. As propriedades mecânicas de resistência à flexão estática a 12% de umidade, ainda segundo os mesmos autores, são da ordem de 101,2 MPa para a resistência à flexão e 17.292 MPa para a rigidez da madeira.

2.2.3 *Eucalyptus dunnii*

O *Eucalyptus dunnii* Maiden atinge 50 m de altura e 1 a 1,5 m de DAP (ocasionalmente 2,5 m), com fuste limpo de 30 a 35 m. Densidade Básica = $Db = 0,800 \text{ g/cm}^3$. No Brasil é encontrado nas partes altas da região sul em áreas com geadas. É indicado para regiões subtropicais com geadas fortes (IPEF, 2008).

A madeira possui estabilidade dimensional regular, mas estudos relativos às suas propriedades tecnológicas, como densidade e aplicações da madeira sólida, são escassos. A madeira é utilizada em serraria, laminação, movelaria, construções, celulose e papel, chapas de partículas, chapas duras, caixotaria, mourões, lenha e carvão (LOPES e TOMAZELLO FILHO, 2006).

No concerne ao *Eucalyptus dunnii*, segundo Lee, Lawson, Huth e House citando Boland, D.J., Brooker, M.I.H., Chippendale, G.M., Hall, N., Hyland, B.P.M., Johnston, R.D., Kleinig, D.A. and Turner, J.D. (1984), em artigo encontrado no Departamento de Indústrias Primárias e Pesca do Governo Australiano, a espécie é de baixa durabilidade com alburno susceptível ao ataque de insetos do gênero *Lyctus*. Em contrapartida, LOPES e TOMAZELLO FILHO (2006) citam que a espécie é de elevada permeabilidade.

A madeira é considerada pesada, podendo ser utilizada em situações que exijam maior

resistência mecânica. Como a maioria das espécies do gênero, o *Eucalyptus dunnii* apresenta elevadas tensões de crescimento, as quais se manifestam na madeira serrada através de rachaduras e empenamentos. Porém, são diversas as alternativas utilizadas para redução de tais defeitos, como o melhoramento genético, métodos de exploração, técnicas de desdobro adequadas, entre outras (ROCHA e TRUGUILHO, 2006).

Segundo Lopes (2007), em ensaios realizados com árvores de 18 anos, a madeira de *Eucalyptus dunnii* apresentou densidade aparente média de 780 Kg/m³, e densidade básica de 610 Kg/m³. Os coeficientes de retração dessa espécie apresentam valores de 14,08% para o sentido tangencial e 5,91% no sentido radial, com um valor volumétrico de 21,28% e fator de anisotropia igual a 2,48%. A rigidez da madeira e resistência à flexão, a 12% de umidade, são de 24.336 MPa e 123,39 MPa, respectivamente.

2.3 AGENTES DEGRADADORES DA MADEIRA

A degradação da madeira pode ser de origem biológica, física ou química. Os agentes biológicos podem ser divididos em três grupos: microorganismos, insetos e brocas marinhas, enquanto que os físicos e químicos referem-se a efeitos da ação do homem sobre o meio (LEPAGE *et alli*, 1986).

2.3.1 Danos causados por Fungos

Podridão mole

Pertence aos grupos de fungos Ascomicetos e Deuteromicetos, os quais são capazes de desenvolver hifas no interior da parede secundária das células da madeira, produzindo a deterioração conhecida como podridão mole (LEPAGE *et alli*, 1986).

O ataque se restringe à superfície e não excede a 2cm de profundidade. Contudo, à parte sob a região atacada pode ser facilmente exposta e novamente atacada pela fácil remoção da região atacada (MORESCHI, 2005).

Podridão parda

Os principais causadores de podridão parda são fungos Basidiomicetos, os quais se nutrem dos carboidratos que compõem a parede celular (LEPAGE *et alli*, 1986). A madeira atacada apresenta o aspecto de estar levemente queimada, adquirindo coloração parda e ao secar sofre colapso com facilidade, desenvolvendo inúmeras fissuras, paralela e perpendicularmente à grã (MORESCHI, 2005).

A mudança da madeira da madeira se dá pelo contínuo consumo de celulose e de

polioses da madeira, mantendo a lignina praticamente intacta enquanto a estrutura original da madeira é mantida em seu estado úmido. Ao secar a madeira sofre colapso com facilidade, desenvolvendo fissuras perpendiculares entre si e separando a madeira residual em blocos. (MORESCHI, 2008).

Podridão branca

Causada por fungos pertencentes à classe Basidiomicetos, a podridão branca atua na decomposição dos carboidratos e da lignina, os quais são removidos da parede celular e utilizados na nutrição do fungo (LEPAGE *et alli* 1986).

A madeira atacada se torna esbranquiçada e sem brilho, devido à destruição dos seus pigmentos. A ação restrita do sistema enzimático proporciona a formação de fendas e orifícios onde os fungos se assentam provocando uma lenta erosão da parede celular a partir do lúmen em direção à lamela média (ROCHA, 2001). A madeira perde progressivamente seu peso bem como as resistências físicas e mecânicas, em função do consumo de celulose, polioses e lignina (MORESCHI, 2005).

2.3.2 Danos causados por Insetos

Ordem Hymenoptera

Família Formicidae

Nesta família tem grande importância o gênero *Camponotus*, cujas espécies são conhecidas como formigas carpinteiras e atacam uma grande variedade de madeiras (ROCHA, 2001).

O dano causado por formigas carpinteiras é apresentado como galerias planas e de paredes lisas, sem resíduos de fibras. Nunca existem perfurações ligando as galerias com o exterior da peça atacada, exceto a que serve como ponto de entrada do material. As formigas não se alimentam da madeira, sendo as galerias utilizadas somente para abrigo, o que permite que mesmo madeiras tratadas sejam atacadas (MORESCHI, 2005).

Ordem Isoptera

Entre os insetos xilófagos, os cupins ou térmitas são os mais sérios agentes destruidores da madeira em nosso meio. Compreendem cerca de 2000 espécies e vivem em colônias que são autênticas sociedades (GALVÃO, 1975).

Na madeira atacada dificilmente é percebida a presença de cupins. O exterior da peça permanece sempre intacto, enquanto seu interior pode estar completamente destruído. A superfície somente é aberta para a saída das formas aladas, na ocasião das revoadas, ou, para a

retirada de resíduos fecais. Isto é efetuado através de pequenos orifícios que, uma vez utilizados, são novamente fechados. (JANKOWSKI, 1990).

Os cupins que atacam a madeira podem ser divididos em dois grupos:

Cupins subterrâneos ou cupins de solo

São os responsáveis pelo maior volume dos danos no mundo, sendo mais frequentes em regiões temperadas e tropicais. São pouco resistentes à baixa umidade do ambiente devido à ausência de revestimento de quitina, o que faz com que sejam favorecidos pelas condições de elevado teor de umidade, abaixo da superfície do solo (ROCHA, 2001).

Podem atacar madeira seca e isolada por meio da construção de túneis de barro e outros materiais, mantendo a umidade relativa necessária ao seu metabolismo (ROCHA, 2001).

Cupins de madeira seca

São cupins que vivem em condições de pouca umidade, atacando mesmo madeira com baixo teor de umidade, entre 10 e 12%, não necessitando contato com solo. Durante a infestação, produzem pequenas pelotas fecais que são liberadas ocasionalmente por orifícios abertos temporariamente (ROCHA, 2001).

Pelo fato de eles se instalarem e permanecerem diretamente na madeira, independentemente da umidade do solo, é extremamente difícil a sua localização, bem como o seu controle (MORESCHI, 2005).

2.4 PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

No âmbito legislativo, a preservação de madeiras, no Brasil, é regida pela lei federal nº 4.797, de 20 de outubro de 1965, a qual dispõe sobre a obrigatoriedade do tratamento de madeiras para fins de utilidade pública, quando as mesmas são passíveis de tratamento. A regulamentação dessa lei é feita pelo Decreto nº 58.016, de 18 de março de 1966 o qual infere que “são passíveis de tratamento preservativo todas as madeiras portadoras de alburno ou as que, sendo de puro cerne, apresentem alguma permeabilidade à penetração de soluções preservativas em seus tecidos, vedadas a eliminação do alburno” (Art 2º).

Sob a ótica científica, a preservação de madeiras pode ser dividida em preservação natural, indireta, biológica e química, sendo definida como o conjunto de produtos, métodos e pesquisas destinados a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira (CAVALCANTI, 1983).

Segundo Moraes, citado por BARILLARI (2002), a preservação natural refere-se a

utilização da madeira de modo a evitar a ação de agentes deterioradores. A preservação indireta pode ser conceituada como o tratamento do meio em que a madeira está sendo utilizada, enquanto a preservação biológica envolve o emprego de organismos vivos na prevenção ao ataque de organismos xilófagos.

A preservação química da madeira é provavelmente o método mais antigo (RICHARDSON, 1993) e apesar dos possíveis riscos no manuseio e uso de e uso de biocidas, ainda é a forma mais usual na prevenção do ataque biológico (BARILLARI, 2002).

Os tratamentos de impregnação com pressões superiores à atmosférica são, sem dúvida alguma, os mais eficientes, em razão da distribuição e penetração mais uniforme do preservativo na peça tratada e maior controle do preservativo absorvido, o que garante uma proteção efetiva com economia de preservativo (MENDES, 1998).

As madeiras tratadas por esses métodos podem ser utilizadas em qualquer situação, mesmo nas que apresentem alto índice de ataque por organismos xilófagos, como no caso de contato direto com o solo (ROCHA, 2001).

Em todos os métodos de tratamento envolvendo o uso de pressão e/ou vácuo, é necessário colocar a madeira em um vaso de pressão, usualmente conhecido como autoclave (RICHARDSON, 1993), que faz com que tais processos apresentem algumas desvantagens como o custo do equipamento, manutenção, mão de obra especializada e transporte da madeira até a usina de preservação (LEPAGE *et alli*, 1986).

A maior parte dos processos sob pressão exige o emprego de madeira com teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (30%). Além da autoclave, as instalações utilizadas para esse tipo de tratamento compreendem tanques de armazenamento, tanque misturador de soluções preservativas, bombas de vácuo (célula cheia), bombas de pressão ou compressor, bomba de transferência, tubulações, válvulas e, em alguns casos, sistema de aquecimento (ROCHA, 2001).

Para o transporte, vagões carregados são conduzidos para dentro da autoclave por meio de uma ponte de trilhos que é removida para permitir o fechamento da porta. Nesse sistema, a autoclave pode ser esvaziada e recarregada em um período muito curto de tempo usando um grupo de vagonetes extra que pode ser carregado enquanto outra carga de madeira está sendo tratada dentro da autoclave (RICHARDSON, 1993).

O conjunto formado pelos equipamentos citados denomina-se “Usina de Preservação de Madeiras”. O tamanho do cilindro de tratamento (autoclave) determina a capacidade da usina, cujo dimensionamento e capacidade de produção estão em função do tipo de peças a serem produzidas e do volume de material tratado por unidade de tempo (ROCHA, 2001).

2.4.1 Processos de célula cheia

A principal característica dos processos de célula cheia é o uso de vácuo na fase inicial do processo de tratamento. Dessa forma, o ar presente no interior da madeira é retirado, fazendo com que o preservativo, ao ser liberado, seja sugado para o interior da madeira (RICHARDSON, 1993).

O objetivo dos processos de célula cheia é alcançar a impregnação completa dos espaços porosos do interior da madeira na expectativa que parte do preservativo venha a penetrar nas paredes celulares circunvizinhas ou que, no mínimo, elas sejam protegidas pela alta concentração de preservativo ao redor delas (RICHARDSON, 1993).

2.4.2 Processos de célula vazia

Os processos de célula vazia são aplicados quando se deseja profundidade de penetração com baixa retenção do produto químico (ROCHA, 2001). Nesses processos não se faz o vácuo inicial, ou seja, a injeção do preservativo na madeira é feita sem a retirada do ar de seu interior, fazendo com que o ar comprimido dentro da madeira, após a liberação da pressão, se expanda e expulse parte do parte do preservativo (MENDES, 1998).

Com os processos de célula vazia é muito mais fácil conseguir tratamentos livres de sangria, mas só podem ser utilizados quando é possível alcançar a retenção necessária, apesar da recuperação do preservativo contido nos espaços vazios da madeira (RICHARDSON, 1993).

2.4.3 Produtos preservativos

Toda substância química capaz de provocar o envenenamento dos nutrientes celulares da madeira, tornando-a, conseqüentemente, resistente ao ataque de fungos e insetos, é denominado preservativo de madeira (RICHARDSON, 1993).

Para selecionarmos um bom preservativo, o uso final de madeira deve ser considerado como fator relevante na escolha de um produto a ser utilizado (MORESCHI, 2005). Segundo WILKINSON (1959), citado por LEPAGE *et alli* (1986), as características que devem estar reunidas em um bom produto preservativo são as seguintes:

Eficiência: é o requisito básico de todo o preservativo. Deve apresentar toxidez à gama mais ampla possível de organismos xilófagos. A medida da eficiência é feita, preliminarmente, por meio de ensaios de campo. Deve, ainda, para ser eficiente, permitir penetração profunda e uniforme na madeira.

Segurança: deve apresentar toxidez baixa em relação a seres humanos e animais domésticos, além de não aumentar as características de combustibilidade e de flamabilidade inerente à madeira e também a solução preservativa não deve ser corrosiva a metais e plásticos, uma vez que em caso afirmativo podem ocorrer vazamentos, dando origem à poluição.

Permanência ou resistência à lixiviação: depende das propriedades físicas e químicas do preservativo e a maneira pela qual se fixa na madeira; para ser resistente à lixiviação deve ser insolúvel em água como os preservativos hidrófugos ou formar complexos insolúveis por meio de reação química com os componentes da parede celular da madeira.

Custo: fator que viabiliza o uso de um produto que apresente todas as potencialidades anteriormente mencionadas. A madeira preservada tem de, em termos de custo anual, apresentar competitividade com outros materiais. Além do baixo custo o produto precisa também ser facilmente encontrado no mercado. Além das características já mencionadas existem outras que podem se denominar facultativas e que são impostas pelas peculiaridades de cada situação de uso.

2.5 FATORES QUE AFETAM A PENETRAÇÃO E ABSORÇÃO DE PRESERVATIVOS NA MADEIRA

Diversos fatores podem afetar a penetração e distribuição de substâncias preservativas na madeira, com conseqüente influencia sobre a qualidade da madeira tratada. Entre tais fatores destacam-se as características inerentes à própria madeira, a concentração do tratamento, o processo utilizado e o tempo. A maioria desses fatores é de fácil controle, exceto as características referentes ao próprio material madeira (PAES, 1991).

2.5.1 Elementos vasculares

Dos constituintes anatômicos, os vasos são os elementos que exercem maior influência na penetração e distribuição de soluções preservativas na madeira de folhosas (HUNT & GARRATT, 1967; NICHOLAS & SIAU, 1973; SANTINI, 1988; TAMBLYN, 1978).

HUNT & GARRATT afirmam que os vasos servem de passagens naturais para a penetração de preservativos no sentido longitudinal da madeira; tais elementos funcionam como capilares abertos e compridos (SIAU, 1971), cujas extremidades são perfuradas e, se esses elementos não estiverem obstruídos por tiloses, promovem fluxos contínuos de líquidos

no seu interior (HUNT & GARRATT, 1967; NICHOLAS & SIAU, 1973; e SANTINI, 1988).

Além de tiloses e outros elementos, o número, tamanho e distribuição dos vasos no lenho afetam a eficiência do fluxo de preservativos na madeira (HUNT & GARRATT, 1967; REIMÃO, 1972), fazendo com que a distribuição tenda a ser mais homogênea em madeiras de porosidade difusa (HUNT & GARRATT, 1967).

2.5.2 Tecido radial

Segundo WARDROP & DAVIES, citados por NICHOLAS & SIAU em 1973 o fluxo pode ocorrer no sentido transversal, após a penetração da solução nos vasos, por meio das pontuações que interligam os elementos adjacentes e, principalmente pelo tecido parenquimático constituintes das células radiais. Tais autores afirmam que a eficiência dos raios, como elementos condutores em folhosas é variável, sendo, porém, muito importantes em algumas espécies.

HUNT & GARRATT (1967) citaram não ser comprovado que raios facilitem a penetração de preservativos em folhosas.

Afirmações posteriores atestam que os raios não são muito importantes na penetração e difusão de soluções preservativas em folhosas, pois os mesmos comumente são obstruídos por extrativos. Enquanto fisiologicamente ativas, tais células executam condução e armazenamento de substâncias nutritivas, mas com as transformações de alburno para cerne, estas células vão perdendo suas funções, devido ao acúmulo de substâncias estranhas, com consequente perda de suas atividades fisiológicas (REIMÃO, 1972; SANTINI, 1988).

2.5.3 Relação cerne/alburno

Depois do teor de umidade, a proporção de cerne e alburno é o fator de maior influência na penetração e absorção de soluções preservativas na madeira, podendo haver variações em função da espécie, do gradiente de umidade e de outros fatores (TORRES JUAN, 1966).

Madeiras que não apresentam distinção entre cerne e alburno são impregnadas com mais facilidade (TABLYM, 1978), devido ao fato de o acúmulo de substâncias nas células não ser expressivo a ponto de torná-las impermeáveis a passagens de soluções preservativas (PAES, 1991).

De modo geral, o alburno é fácil de ser impregnado, mas o mesmo não ocorre com o cerne, devido à sua impermeabilidade (BLEW, 1965; NICHOLAS & SIAU, 1973; SANTINI, 1988 e TAMBLYN, 1978), sendo esta a causa mais importante das diferenças de penetração dos preservativos no lenho (REIMÃO, 1972).

A maior permeabilidade do alburno se explica ainda pelas alterações anatômicas, físicas

ou químicas que ocorrem durante as transformações do alburno em cerne (HUNT & GARRATT,1967), sendo tais alterações acompanhadas pela morte da célula, acúmulo de substâncias e, ocasionalmente, desenvolvimento de tilos nos vasos (REIMÃO,1972; PANSIN & DE ZEEUM, 1980; SANTINI, 1988).

Dessa forma, a quantidade e tipo de extrativos depositados durante a formação do cerne é extremamente importante, pois podem gerar obstrução dos vasos, impedindo o fluxo de soluções preservativas (NICHOLAS & SIAU, 1973; LEPAGE *et alli*, 1986).

2.5.4 Permeabilidade da madeira

A facilidade com que fluidos atravessam um material poroso, sob a influência de um gradiente de pressão é medida pela permeabilidade (STAMM, 1964; NICHOLAS & SIAU,1973; SIAU, 1971 e 1984).

Assim sendo, trata-se de uma característica básica da madeira que permite o fluxo de preservativos durante o processo de impregnação (NICHOLAS & SIAU 1973).

A permeabilidade no sentido longitudinal da madeira pode ser 1000 vezes maior no sentido transversal, mas para aplicações práticas, a relação para a penetração de soluções preservativas é de 100:1 (STAMM, 1964), devido, dentre outros fatores, às características da solução preservativa como presença de partículas em suspensão e ocorrência de reações químicas com a madeira (SIAU,1971). Entre os sentidos transversais da madeira tem-se maior permeabilidade no sentido radial que tangencial (PAES, 1991).

Vários estudos demonstram que há boa relação entre a permeabilidade da madeira e sua tratabilidade (NICHOLAS & SIAU,1973).

2.6 PROPRIEDADES MECÂNICAS

2.6.1 Resistência à Flexão

O ensaio de flexão se presta à determinação da resistência e da rigidez da madeira à flexão de um lote considerado homogêneo.

A resistência da madeira à flexão (f_M) é um valor convencional dado pela máxima tensão que pode atuar em um corpo no ensaio de flexão simples, calculado com a hipótese de a madeira ser um material elástico, sendo dada por (NBR 7190, 1997) :

$$F_M = \frac{M_{\max}}{W_E} \quad (1)$$

Onde:

M_{\max} é o máximo momento aplicado ao corpo de prova, medido no SI em Newtons-metro;

W_E é o módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova, dado por $bh^2/6$, em metros cúbicos.

A rigidez da madeira (E_{M0}) por sua vez, é caracterizada pelo módulo de elasticidade determinado no trecho linear no diagrama carga x deslocamento, sendo o módulo de elasticidade determinado pela inclinação da reta secante à curva, definida pelos pontos ($F_{10\%}; V_{10\%}$) e ($F_{50\%}; V_{50\%}$) correspondentes respectivamente a 10% e 50% da carga máxima de ensaio estimada por meio de um corpo de prova gêmeo, sendo dado por :

$$E_{M0} = \frac{(F_{M,50\%} - F_{M,10\%})L^3}{(V_{50\%} - V_{10\%})4bh^3} \quad (2)$$

Onde:

$F_{M,10\%}$ e $F_{M,50\%}$ são cargas correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada, aplicada ao corpo de prova, em newtons.

$V_{10\%}$ e $V_{50\%}$ são os deslocamentos no meio do vão correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada em metros.

b e h correspondem, respectivamente, à largura e à altura da seção transversal do corpo de prova, em metros.

2.7 FATORES QUE INFLUENCIAM AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

2.7.1 Grã

Segundo Kollmann, citado por Moreschi (2008), a designação grã é dada à orientação geral dos elementos verticais constituintes do lenho, em relação ao eixo vertical da árvore ou de uma peça de madeira. Essa orientação é devida a diversas influências do processo de

crescimento da árvore, gerando grande variação natural no arranjo e direção dos tecidos axiais.

2.7.2 Densidade da madeira

Densidade aparente

A densidade constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas. De forma generalizada, madeiras densas são mais resistentes, elásticas e duras que madeiras de baixa densidade. Porém, também são de mais difícil trabalhabilidade e apresentam maior variabilidade.

A densidade é um reflexo fiel da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume, como para qualquer material, mas quando nos referimos à madeira, há de se considerar também o teor de umidade.

Para se comparar massas específicas é imprescindível que as amostras tenham os mesmos teores de umidade, pois qualquer alteração desta acarretará na alteração do peso e, abaixo do ponto de saturação das fibras (+/- 28 % U), no peso e no volume da madeira.

A densidade determinada a um dado teor de umidade (sempre deverá ser especificada), é denominada densidade aparente da madeira. São estabelecidos como referências os teores de umidade fixos de 0%, 12% e 15% de umidade, correspondendo o primeiro ao teor de umidade da madeira seca em estufa, o segundo ao teor de umidade de equilíbrio da madeira seca em condições climáticas padronizadas, a 20°C e 65% de umidade relativa do ar, e o terceiro ao teor de umidade de equilíbrio aproximado da madeira, que ocorre espontaneamente em muitas situações geográficas do Brasil.

Com base na literatura técnica de tecnologia da madeira temos que:

$$\rho_r = \frac{m_r}{V_r} \quad (3)$$

Sendo ρ_r a densidade aparente da madeira a uma umidade referenciada (r), m_r a massa e V_r o volume relativos a uma umidade referenciada em kg/m³.

2.7.3 Teor de umidade da madeira

Na literatura encontramos, de forma generalizada e citada por diversos autores, que a variação no teor de umidade influi na massa da madeira e no volume (este somente abaixo do ponto de saturação das fibras – PSF) e massa da madeira, provocando as seguintes alterações:

$$m_u = m_0(1 + u) \quad (4)$$

Onde:

m_u = massa úmida a o teor de umidade em que a madeira se encontra, m_0 a massa seca a 0% de umidade e u é o teor de umidade da madeira.

$$V_u = V_0(1 + \alpha V_u) \quad (5)$$

Sendo:

V_u = volume da madeira com u % de umidade

V_0 = volume da madeira com 0 % de umidade

α = coeficiente de inchamento volumétrico entre 0 % e U % de umidade.

Quanto aos esforços mecânicos, de acordo com a NBR7190 de 1997 os valores obtidos para a investigação da resistência devem ser corrigidos para o teor de 12 %,valendo-se da equação 6:

$$F_{12} = F_{u\%} \left[1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right] \quad (6)$$

Assim sendo, o valores da rigidez da madeira(E_{M0}) e resistência da madeira à flexão (f_M) devem ser multiplicados por um fator de correção (NBR 7190, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESPÉCIES ESTUDADAS - COLETA

Foram coletadas para esse trabalho madeira de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora* provenientes de processo industrial.

3.1.1 *Corymbia citriodora*

As amostras de *Corymbia citriodora* utilizadas neste experimento são de proveniência da região de Santa Cruz do Rio Pardo (22° 54' S e 49° 37' O), Estado de São Paulo, tendo as amostras sido coletadas dentro do processo de produção da Empresa Madtrat – Madeiras tratadas Ltda. O material é proveniente de árvores de 18 anos, em média.

Buscando demonstrar que a restrição de “uso exclusivo da madeira de cerne” contida na Norma NBR- 8458 pode ser substituída por tratamento do alburno, deu-se preferência por toras mais finas, de tal forma que boa parte das cruzetas apresentasse material tratável.

3.1.2 *Eucalyptus cloeziana*

As amostras de madeira da espécie *Eucalyptus cloeziana* utilizadas para o fabrico de cruzetas são provenientes de doze (12) árvores de um talhão de 37 anos, com altura média de 40m, localizado na propriedade da Flosul Indústria e Comércio de Madeiras LTDA, ao lado da Rodovia RS 040, Km 84, em Capivari do Sul (30° 8' S e 50° 30' O), Estado do Rio Grande do Sul. - RS – Brasil.

A espécie foi escolhida para o experimento por se tratar de uma espécie de alta resistência mecânica e natural (cerne durável) que apresenta potencialidade de uso tanto no setor elétrico quanto na construção civil.

3.1.3 *Eucalyptus dunnii*

As amostras de madeira da espécie *Eucalyptus dunnii* utilizadas no experimento foram obtidas de forma sistemática dentro do processo industrial, através de coleta de doze toras de proveniência de um talhão de sementeiras com 23 anos, de árvores com altura média de 45m, de propriedade da empresa Procopiak Compensados e Embalagens S.A, localizada em Canoinhas (26°10' S e 50° 33' O), Estado de Santa Catarina.

Embora a taxa de crescimento de árvores seja a maior responsável pela existência de tensões internas em toras de árvores de várias espécies florestais, esta espécie foi escolhida por se destacar pelo ritmo e vigor de crescimento, apresentar boa resistência mecânica e

resistência a geada, o que possibilita a sua rápida produção em áreas mais frias do Brasil.

3.2 AMOSTRAGEM E DESDOBRO DO MATERIAL

Deu-se preferência para a retirada sistemática de toras dentro do processo industrial, seguindo a seguinte prescrição: a cada dez (10) toras, retirou-se uma (1), a qual foi utilizada no experimento.

Em casos nos quais a tora selecionada apresentou defeitos que inviabilizava o seu uso, coletou-se a tora consecutiva, sendo a próxima, retirada após um número de dez (10) não coletadas.

Foi fixado como critério de seleção para todas as três espécies o diâmetro da tora, tendo sido as peças utilizadas no experimento, retiradas de populações classificadas dentro da classe diametral ($23,5 \pm 1,5$) cm.

Tendo em vista a necessidade de desdobro em tempo curto para evitar rachaduras radiais devidas à secagem da superfície das toras, o desdobro das peças deu-se cada um em uma serraria diferente, na maioria dos casos na própria indústria de proveniência da respectiva madeira coletada.

Tal medida foi tomada visando primar pela qualidade do material que poderia ser comprometido por um desdobro retardado e também para minimizar os custos de transporte que seriam consideravelmente superiores em função da massa adicional do material.

As peças foram desdobradas com as seguintes dimensões: 2,5 m de comprimento, 12 cm de altura e 10 cm de largura, e receberam tratamento temporário com a utilização de emulsão aquosa à base de 3-iodo 2-propinil butil carbamato (IPBC) a 0,1% de concentração como medida de proteção temporária.

Todos os topos das peças foram selados com a utilização de selante à base de cola de silicone, e receberam a colocação de conectores (gangnail) para prevenir rachaduras de topo durante o processo de secagem.

3.2.1 *Corymbia citriodora*

Foram coletadas 12 peças, as quais foram retiradas de toras de aproximadamente 12 metros de comprimento, todas de árvores diferentes, com idade de 18 anos, seguindo a sistemática prescrita no item 3.2 .

O desdobro dos segmentos de tora em cruzetas deu-se na empresa Madtrat, com a utilização de uma serra fita simples não automatizada, com a qual foram feitos dois cortes. A

partir daí as peças seguiram para uma serra circular simples que completou os outros dois cortes necessários à obtenção do bloco.

3.2.2 *Eucalyptus cloeziana*

As árvores de *Eucalyptus cloeziana* amostradas são oriundas de experimentos da empresa colaboradora, com sementes provenientes do Continente Africano que apresentaram boa adaptação na região e representam a progênie dos plantios dessa espécie na fazenda da empresa Flosul (Figura 2).

Como não houve a possibilidade de obtenção das toras dentro da indústria para o caso do *Eucalyptus cloeziana*, estas foram então amostradas em povoamento florestal local, segundo a sistemática prescrita pela Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT – 458, 1972a).

O desdobro das peças em cruzetas deu-se na Região Metropolitana de Curitiba, nas dependências da Serraria Dalprá, com a utilização de uma serra fita simples de carrinho para os dois primeiros cortes e uma serra circular simples para os outros dois cortes.

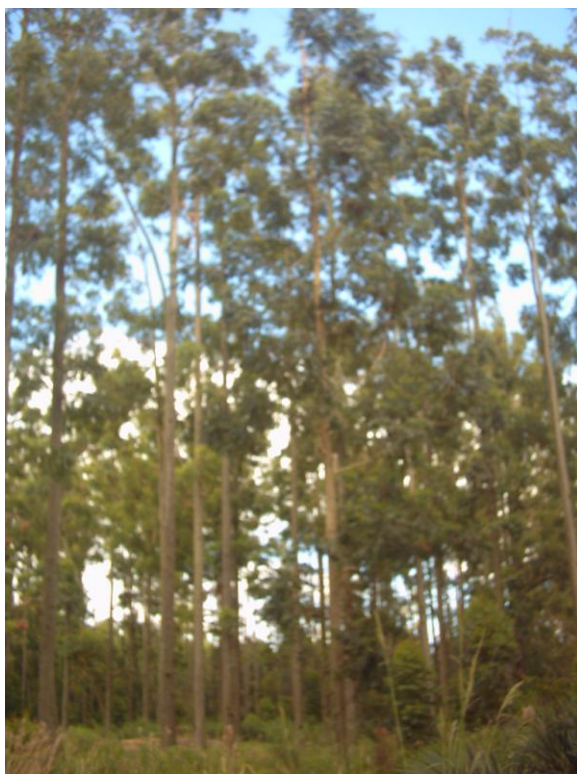


FIGURA 2 – ÁREA DE COLETA DAS AMOSTRAS DA FAZENDA DA FLOSUL

FONTE: A AUTORA (2007)

3.2.3 *Eucalyptus dunnii*

As amostras de madeira da espécie *Eucalyptus dunnii* utilizadas no experimento foram obtidas de forma sistemática dentro do processo industrial, através de coleta de 12 toras da

linha de produção que se enquadrassem dentro das dimensões aceitas para a confecção de cruzetas, conforme descrito no item 3.2 do presente trabalho.

Para o *Eucalyptus dunnii*, o desdobro das peças deu-se na Procopiak com a utilização de uma serra fita dupla e uma circular múltipla em uma linha de produção totalmente automatizada.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

Para a devida identificação das espécies florestais, foram recolhidas e cicatas das árvores de proveniência das amostras utilizadas no projeto, as quais foram conduzidas ao laboratório de Dendrologia do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, estando arquivadas sob os números: 10381, 10382 e 10383, correspondentes às espécies *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus cloeziana*, respectivamente.

3.4 PRÉ-SECAGEM, USINAGEM DO MATERIAL, TRATAMENTO EM AUTOCLAVE E SECAGEM

3.4.1 Pré-secagem

Os corpos de prova receberam pré-secagem natural até a proximidade do ponto de saturação das fibras (PSF), antes de passarem por processo de usinagem, seguido por tratamento em autoclave. O processo foi controlado com utilização de medidor de umidade do tipo Digisystem modelo DL 2000, configurado para 20°C com seleção da curva 1 HW e 2 HW (folhosas) para *Corymbia citriodora* e as duas espécies do gênero *Eucalyptus*, respectivamente.

3.4.2 Usinagem

Conforme citado no item anterior (4.2), a madeira foi desdobrada com largura e altura de 100 mm e 120 mm, respectivamente. Para enquadrar-se às dimensões de largura e altura requisitadas por norma, de (90 ± 2) mm e $(112,5\pm 2)$ mm, houve necessidade de realização de desbaste nas dimensões de desdobro.

Da mesma forma, foi feito ajuste no comprimento para dimensionamento final das peças para (2400 ± 10) mm.

Tendo em vista o teor de umidade ideal para o tratamento preservativo ser próximo do ponto de saturação das fibras (PSF) e ao fato de que o processo de usinagem deve,

preferencialmente, ser realizado antes do tratamento para evitar problemas com serragem contaminada, o dimensionamento final das peças foi feito imediatamente antes que elas alcançassem o PSF, ou seja, antes que apresentassem fenômenos de contração devido à perda de água da parede celular. Os valores utilizados para o dimensionamento encontram-se na tabela 3. na qual β_{tang} é o coeficiente de contração máxima tangencial.

TABELA 3 - DIMENSIONAMENTO

Espécie	β_{tang}	Coeficiente retratibilidade (%/%)	Dimensão					
			Largura (l)			Altura (h)		
			15 (%) l (mm)	0 (%) l (mm)	úmida (%) l (mm)	0 (%) h (mm)	15(%) h (mm)	úmida (%) h (mm)
<i>Corymbia citriodora</i>	9,50	0,32	90	85,5	94,1	106,8	112,5	117,6
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	10,09	0,34	90	85,5	94,1	106,8	112,5	117,6
<i>Eucalyptus dunnii</i>	14,80	0,49	90	83,3	95,7	104,2	112,5	119,6

FONTE: A AUTORA (2008)

Para cálculo das dimensões no estado úmido, ou seja, antes das peças alcançarem o PSF, foi fixado que a dimensão da norma equivaleria à dimensão com teor de 15% de umidade. A partir daí aplicou-se o coeficiente de retratibilidade na madeira para calcular sua dimensão a 0% de umidade de acordo com a equação 7:

$$D_{0\%} = D_{15\%} - D_{15\%} \times u \times CR \quad (7)$$

Sendo $D_{0\%}$, a dimensão da madeira a 0% de umidade, $D_{15\%}$ a dimensão da madeira a 15% de umidade, u o percentual de umidade dividido por 100 e CR o coeficiente de retratibilidade.

E com base na dimensão seca, foi calculada a dimensão úmida da madeira, para fins de dimensionamento, conforme equação 8:

$$D_u = D_{0\%} + D_{0\%} \times u \times CR \quad (8)$$

Sendo D_u a dimensão ao teor de umidade em que a madeira se encontra.

O dimensionamento das peças, bem como o processo de furação foi realizado de acordo com a NBR 8459/1984, no Laboratório de Usinagem da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná, de acordo com o esquema da figura 3, em mm.

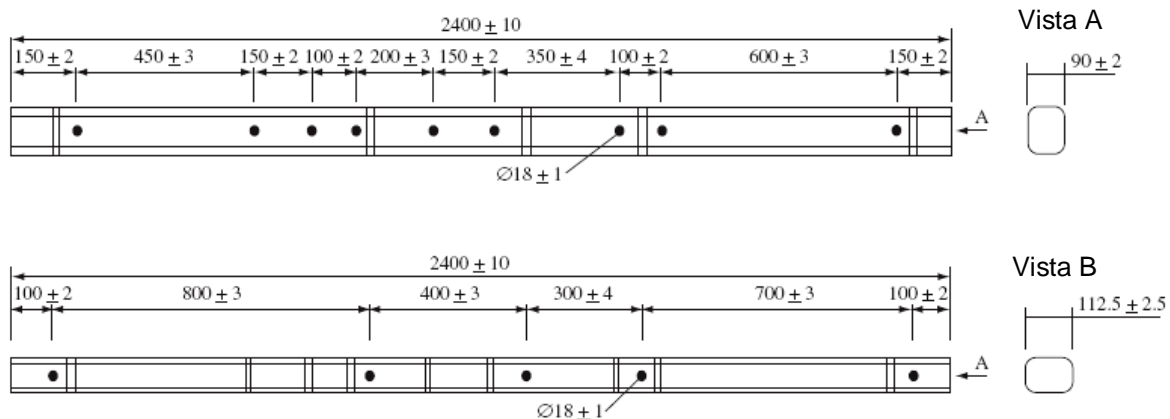


FIGURA 3 – ESQUEMA GRÁFICO DAS DIMENSÕES DAS CRUZETAS (mm), SEGUNDO A NBR 8459/1984

FONTE: A AUTORA (2008)

3.4.3 Tratamento

Realizado o dimensionamento final das peças, as mesmas permaneceram em laboratório por mais alguns dias, seguindo depois para a empresa TW Madeiras, empresa localizada na cidade de Ponta Grossa – PR, onde receberam tratamento em autoclave com utilização de CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) a uma concentração de 6 Kg/m^3 , em processo de célula cheia - Bethell, de acordo com o seguinte programa:

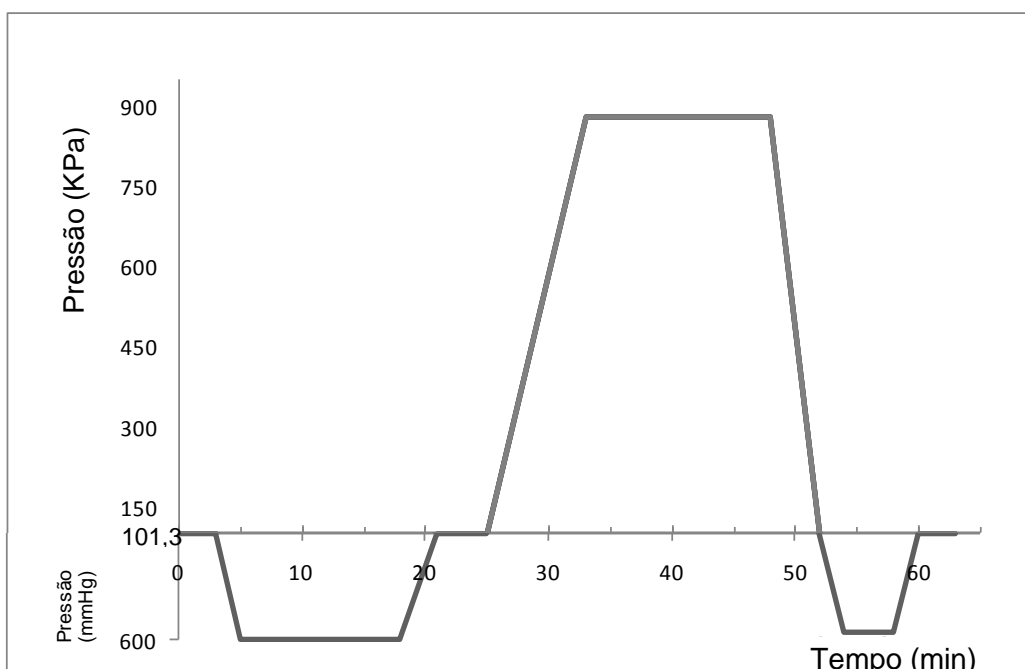


FIGURA 4 – GRÁFICO REPRESENTATIVO DO PROGRAMA DE TRATAMENTO DAS CRUZETAS – PROCESSO BETHELL

FONTE: A AUTORA (2008)

3.4.4 Secagem

Após realização do tratamento em autoclave as cruzetas de madeira foram empilhadas com separadores em local ventilado, no Laboratório de Biodegradação e Preservação da Madeira da Universidade Federal do Paraná e assim permaneceram por 30 dias para permitir que as reações químicas se completassem e houvesse uma boa fixação do preservativo. Depois disso, foram colocadas em estufa, onde foi conduzida uma secagem lenta, seguida por homogeneização da umidade a um teor de 20% de umidade, visando atender as exigências da NBR 8458/1984.

3.5 ANÁLISE DOS DEFEITOS E RENDIMENTO DAS PEÇAS UTILIZADAS

Após realização da pré-secagem natural, concomitantemente ao processo de usinagem, foi realizada classificação das peças quanto a defeitos, visando avaliar defeitos de secagem que pudessem tornar inviável o uso dos corpos de prova. Segundo a seção 4.5 da norma NBR 8458/1984 as cruzetas deveriam estar isentas de:

- A - sinais de deterioração (fungos e insetos);
- B – avarias provenientes do corte ou transporte;
- C – fraturas transversais;
- D – depressões acentuadas;
- E – orifícios, pregos, cavilhas ou quaisquer peças metálicas não especificamente autorizadas;
- F – curvaturas;
- G – sinuosidades em qualquer trecho;
- H – fendas;
- I – rachas;
- J – nós ou orifícios de nós em qualquer trecho;
- K– veios inclinados ou espiralados;
- L – fibras reversas.

No entanto, não é raro que peças de madeira apresentem diversos defeitos acima definidos, com maior ou menor intensidade, sendo isso uma característica inerente ao próprio material, e que não necessariamente inviabiliza o uso da peça. Assim sendo, alguns itens da seção 4.5 da norma NBR 8458/1984 receberam adaptação quanto à expressividade dos defeitos, ou seja, para fins de execução deste experimento, além da presença do defeito foi

definido um grau de expressividade do mesmo, conforme legenda abaixo:

a- Acentuado: de grande relevância sobre a resistência mecânica e qualidade do material

b- Intermediário: de média relevância sobre a resistência mecânica e qualidade do material

c- Ameno ou moderado: de pouca ou nenhuma relevância sobre a resistência mecânica e qualidade do material.

Dessa forma, os defeitos, por face da cruzeta, foram representados por duas letras: a primeira, maiúscula, referindo-se ao defeito propriamente dito, enquanto a segunda, em minúsculo representou o grau de expressão do defeito.

Ambas as fendas e rachas foram submetidas às seguintes medidas de expressividade, quanto ao tamanho da abertura:

$\geq 1,5 \text{ cm} = \mathbf{a}$

$1,5 - 0,6 \text{ cm} = \mathbf{b}$

$0 - 0,5 \text{ cm} = \mathbf{c}$

As curvaturas ou flechas, também receberam o mesmo índice para avaliação de unidade de comprimento.

A Norma também foi adaptada quanto aos nós, os quais foram classificados segundo a quantidade, tamanho, tipo e localização. No relativo à quantidade houve a seguinte classificação:

$> 8 \text{ nós} = \mathbf{a}$

$4 - 8 \text{ nós} = \mathbf{b}$

$1 - 3 \text{ nós} = \mathbf{c}$

No que concerne ao tamanho dos nós utilizou-se a seguinte classificação:

$> 7 \text{ cm de diâmetro} = \mathbf{a}$

$3 - 7 \text{ cm} = \mathbf{b}$

$< 3 \text{ cm} = \mathbf{c}$

Quanto ao tipo foram avaliados se os nós eram vivos ou mortos e quanto ao posicionamento dos mesmos em relação ao eixo longitudinal da cruzeta.

Quanto à localização foi observado o posicionamento dos nós em relação aos pontos de apoio referentes aos esforços mecânicos da seguinte forma:

Na região dos pontos de apoio = **a**

Na região entre os pontos de apoio = **b**

Nas pontas, fora dos pontos de apoio = **c**

Além disso, foram adaptadas as definições de dois termos: racha e fenda, que segundo a norma, são termos definidos como “separação dos tecidos lenhosos, ao longo das fibras, entre dois anéis de crescimento” e “separação do tecido lenhoso, ao longo das fibras longitudinais da madeira, nitidamente visível em uma face ou ambas as faces opostas, e nesse caso denominada fenda diametral”, respectivamente.

Nesse trabalho, foram usadas as seguintes definições para os dois termos acima citados:

- Fendas são aberturas ao longo da peça, que não resultam em abertura dos topos, ou seja, não se estendem até o topo das peças.
- Rachas são aberturas que atingem o topo, de orientação radial, tangencial ou combinada, resultando em uma abertura no topo da amostra.

As análises estatísticas apresentadas trataram do percentual do aparecimento de defeitos e os detalhes na classificação estão contidos no Anexo 2.

As cruzetas desclassificadas durante esse processo foram devidamente contabilizadas nos cálculos de rendimento, para as discussões finais relativas à potencialidade do uso das espécies em processo industrial.

3.6 RESISTÊNCIA MECÂNICA

Foram realizados ensaios de resistência à flexão estática, de acordo com a NBR 8458, como apresentado no esquema da figura 5. De acordo com a norma NBR 8458, os três esforços foram iguais e aplicados simultaneamente em cada face da cruzeta, sendo ensaiadas as quatro faces, não simultaneamente, e as flechas medidas no meio e em ambos os topos da cruzeta.

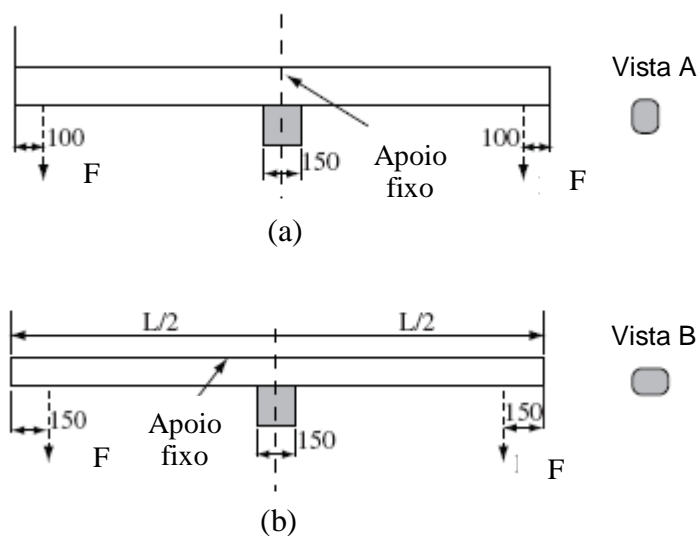


FIGURA 5 – DETALHAMENTO DO TESTE DE FLEXÃO MOSTRANDO A DISTÂNCIA DE APLICAÇÃO DOS ESFORÇOS (mm)

FONTE: A AUTORA (2008)

Os ensaios foram realizados no LTM – Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.

A máquina de ensaio utilizada foi de marca Tinius Olsen, para carga de máxima de 4 toneladas-força, devidamente calibrada em 20/11/07 (Anexo 3) com velocidade de 5mm/min e variação de carga de 0 a 850 kgf (833,3 daN) para as faces de menor momento de inércia e 0 a 1000 kgf (980,39 daN) para as faces de maior momento de inércia, respectivamente, conforme esquema apresentado na figura 6.

Os ensaios foram realizados em Kgf, mas todos os valores contidos nos resultados foram apresentados em daN, sendo 1 daN correspondente a 1,02 Kgf para fins de conversão de valores.

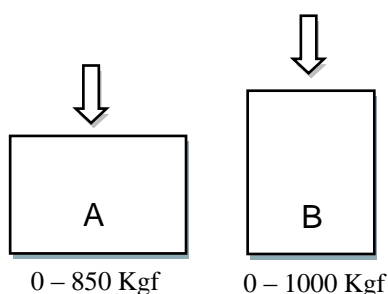


FIGURA 6 – SEÇÃO TRANSVERSAL DAS AMOSTRAS: A = AMOSTRAS COM MENOR MOMENTO DE INÉRCIA; B= AMOSTRAS COM MAIOR MOMENTO DE INÉRCIA

As medidas de deformação foram registradas com a utilização de dois deflectômetros com intervalos de medida de 50 Kgf, posicionados de acordo com a figura 7A. O registro de dados foi feito de forma manual para o primeiro deflectômetro (Figura 7B) e por meio de leituras automáticas para o deflectômetro acoplado ao sistema da máquina de ensaio (Figura 7C), conforme esquema abaixo:

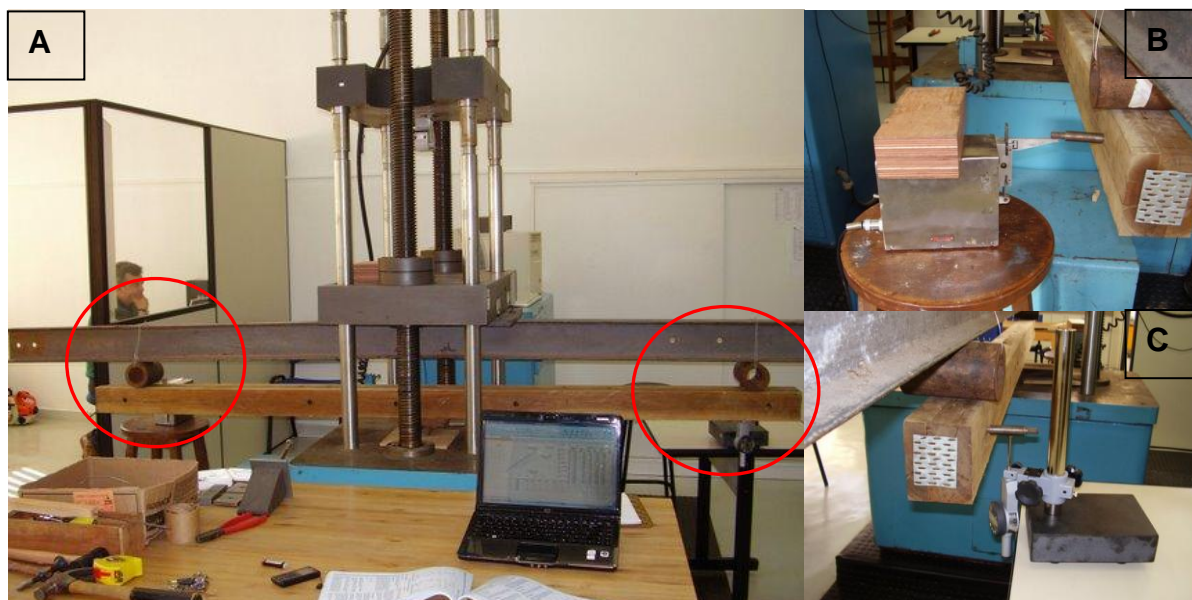


FIGURA 7 - MONTAGEM DO ENSAIO (A) E POSICIONAMENTO DOS DEFLECTÔMETROS ESQUERDO (B) E DIREITO (C)

FONTE: A AUTORA (2008)

As resistências exigidas pela Norma NBR 8458 correspondem ao carregamento nominal de 400 daN, máximo excepcional de 560 daN e mínimo de ruptura de 800 daN. Os valores respectivos foram obtidos através de interpolação dos valores de 408, 571,2 e 816 Kgf na tabelas de valores de tensão e deformação obtidas por meio dos ensaios de flexão.

Os valores foram estimados a partir de duas amostras de cada uma das espécies, as quais foram levadas à ruptura para que fosse possível estimar o intervalo de deformação linear para obtenção dos valores de deformação e respectiva carga a 50% e 10% do esforço linear, para cálculo da rigidez da madeira (E_{M0}), conforme equação prevista na Norma NBR 7190/1997, (Equação 2, contida na revisão de literatura).

Para determinação da resistência da madeira à flexão (f_M) a face 3 de todas as amostras foi levada à ruptura, a fim de obter-se o esforço máximo. Assim sendo, o mínimo de ruptura referiu-se à face B, com as respectivas inferências de momento de inércia. Os valores foram calculados de acordo com a equação 1 do item revisão de literatura, retirada da Norma NBR 7190/1997.

Para apresentação dos resultados foi calculada a média das quatro faces da amostra, a qual é apresentada e discutida em comparação aos esforços exigidos pela tabela 2 para cruzetas de 2400 mm de comprimento.

3.6.1 Determinação da densidade aparente e umidade das amostras

A determinação da densidade específica das amostras foi feita após a realização dos ensaios mecânicos, com amostras obtidas da proximidade da região de ruptura, para enfatizar as características dessa região. As medições de volume e de massa foram realizadas na umidade de ensaio da madeira, sendo a determinação do teor de umidade feita a seguir. O cálculo da densidade aparente foi feito com base na equação 3 da revisão de literatura e os valores obtidos serviram de base para discussão dos resultados mecânicos.

Após a obtenção de dados para cálculo da densidade aparente, as amostras passaram por determinação de umidade em estufa, a $103\pm 2^\circ$ C, até atingir peso constante, sendo a determinação do teor de umidade feito pela seguinte equação:

$$\%U = \frac{Pu - Ps}{Ps} \times 100 \quad (9)$$

Sendo Pu a massa úmida da madeira e Ps a massa após secagem em estufa.

3.6.2 Determinação do desvio de grã

A determinação do desvio de grã das amostras foi realizada após os ensaios mecânicos, com a utilização de objeto pontiagudo, o qual foi introduzido na madeira e arrastado por entre as fibras pela distância de um metro da superfície da madeira. A medição foi realizada sistematicamente a partir da zona de ruptura das cruzetas, em graus, pelo cálculo do arco tangente da distância A (cateto oposto) e B (cateto adjacente - fixado em 1 m) conforme esquema abaixo (Figura 8).

A

B

FIGURA 8 – ESQUEMA DE MONTAGEM DA MEDIÇÃO DE DESVIO DA GRÃ

FONTE: A AUTORA (2008)

3.7 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO (CCA)

Das cruzetas previamente tratadas e ensaiadas mecanicamente foram retiradas amostras para análise de penetração do produto preservativo nas proximidades da região de ruptura, tomando-se o cuidado para que as amostras retiradas não recebessem influência da região de furação, onde a penetração longitudinal foi favorecida.

Os corpos de prova foram conduzidos ao Laboratório de Preservação da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná para as devidas análises.

Os testes relativos ao grau de penetração de preservativos químicos foram feitos de acordo com a Norma A3-77 (AWPA), traduzida nos “Métodos de ensaios e análises em preservação de madeiras” do Instituto de Pesquisa do Estado de São Paulo-IPT (DIMAD/1980 - Parte C). A execução deu-se por meio de pulverização de solução reativa na superfície da amostra e avaliação das áreas onde a o elemento Cobre apresentou reação colorimétrica evidenciada.

3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O número de corpos de prova de prova (toras) coletados para confecção das cruzetas de 12 as espécies *Eucaptytus cloeziana* e *Corymbia citriodora*, e de 15 para o *Eucalyptus dunnii*, num total de 39 peças. Tais valores foram avaliados quanto à representatividade em função do tamanho da amostra de acordo com a equação 10:

$$N = \frac{z^2 \times p \times q}{e^2} \quad (10)$$

Sendo N o número necessário de corpos de prova, z o desvio padrão para um nível de confiança de 95%, p a menor proporção avaliada da amostragem piloto e $q = 1 - p$. O erro admitido foi de 5%.

O número de corpos de prova necessário para representar cada uma das amostras foi calculado de acordo com a equação 10. Os valores são apresentados na tabela 4:

TABELA 4 - NÚMERO DE CORPOS DE PROVA NECESSÁRIO PARA REPRESENTAR AS ESPÉCIES DE MADEIRA INCLUÍDAS NESTE TRABALHO

Espécie	z	p	q	N
<i>Corymbia citriodora</i>	0,475	0,10	0,90	8
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,475	0,03	0,97	3
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,475	0,10	0,90	8

FONTE: A AUTORA (2008)

Tais quantidades atendem a exigência para representar as espécies dentro do grau de confiabilidade estabelecido (95%), firmando a significância dos resultados, haja vista todos os valores de número de corpos de prova necessários para representar as amostras serem inferiores ao número de corpos de prova coletados.

A variância apresentada pelos corpos de prova nos ensaios de flexão estática foi calculada, de acordo com a equação 11:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (11)$$

Onde x é o valor obtido para cada amostra e \bar{x} é o valor médio calculado e n é o número de amostras.

A partir do cálculo de variância, obteve-se o desvio padrão das amostras pela equação 12:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (12)$$

Os resultados dos ensaios mecânicos de flexão foram comparados aos dados da Tabela 2 quanto à resistência nominal, máximo excepcional, mínimo de ruptura e flechas admitidas, tendo sido demonstrados os valores de desvio padrão da amostra (equação 12) e coeficiente de variação obtido pela equação 13:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \quad (13)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PERCENTUAL DE RENDIMENTO DAS PEÇAS

O percentual de rendimento das peças deu-se de acordo com a tabela 5, onde podemos visualizar que a espécie de maior rendimento foi o *Corymbia citriodora*, com 75%, contra 42% para o *Eucalyptus cloeziana* e 7% para o *Eucalyptus dunnii*.

TABELA 5 – RENDIMENTO DA PRODUÇÃO EXPERIMENTAL DE CRUZETAS

Espécie	Total de amostras	Perdas durante desdobro	Perdas por defeitos	Rendimento (%)
<i>Corymbia citriodora</i>	12	0	3	75,00
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	12	3	4	41,67
<i>Eucalyptus dunnii</i>	15	0	14	6,67

FONTE: A AUTORA (2008)

A espécie *Eucalyptus cloeziana* apresentou problemas durante o desdobro, sendo que três toras foram perdidas durante esse processo, devido ao desenvolvimento de rachaduras em toda a extensão da peça, como ilustrado na figura 9.



FIGURA 9 – RACHADURAS DESENVOLVIDAS DURANTE O PROCESSO DE DESDOBRO

FONTE: A AUTORA (2008)

Em termos de perdas por defeito durante o processo de secagem, seu comportamento difere em apenas uma amostra do *Corymbia citriodora* (25%), significando que as perdas nessa etapa, foram 8,33 % superiores para o *Eucalyptus cloeziana* (33,33%).

Embora o rendimento da espécie *Eucalyptus cloeziana* tenha sido inferior a 50%, quando falamos de valores, ainda assim o processo pode se tornar viável, pois o valor do metro cúbico da madeira bruta é de R\$ 200,00 (Fonte: Flosul/2007), enquanto que o metro

cúbico de cruzeta, calculado com base nos valores das tabelas 5 e 6, é de R\$ 2195,00.

O material da espécie *Eucalyptus dunnii* utilizado nos experimentos apresentou um rendimento baixo, de 7 %, o que, aparentemente, inviabiliza sua utilização como material para produção de cruzetas, nessas condições.

Tal fato se deve provavelmente a alta de tensão de crescimento da espécie combinado com técnicas de manejo inadequadas para produção de madeira sólida, sendo que o material avaliado é proveniente de plantios objetivando o uso de madeira para outras finalidades.

Assim sendo, suas características e rendimentos poderão ser melhorados de forma expressiva se povoamentos florestais forem desenvolvidos especificamente para produção de cruzetas.

4.2 AVALIAÇÃO DE DEFEITOS DAS AMOSTRAS

O somatório percentual dos defeitos por faces, bem como uma média do percentual de defeitos médios das quatro faces das amostras de cada uma das espécies estudadas são apresentados na tabela 6.

TABELA 6 - PERCENTUAL DE DEFEITOS POR FACE DAS AMOSTRAS

Espécie	Face	Defeitos											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
<i>Corymbia citriodora</i>	∑ Faces 1	0	8	0	0	0	25	0	92	50	50	0	25
	∑ Faces 2	0	8	0	0	0	17	0	100	75	42	8	42
	∑ Faces 3	0	8	8	0	0	17	0	75	50	42	8	42
	∑ Faces 4	0	0	0	0	0	8	0	100	92	50	8	42
	Média (%)	0	6	2	0	0	17	0	92	67	46	6	38
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	∑ Faces 1	0	17	0	0	0	42	8	33	58	42	0	17
	∑ Faces 2	0	0	0	0	0	8	17	50	75	33	0	0
	∑ Faces 3	0	8	0	0	0	8	0	50	50	25	0	17
	∑ Faces 4	0	8	0	0	0	8	8	67	75	25	8	0
	Média (%)	0	8	0	0	0	17	8	50	65	31	2	8
<i>Eucalyptus dunnii</i>	∑ Faces 1	0	7	0	20	0	7	0	40	47	67	0	7
	∑ Faces 2	0	0	0	7	0	7	0	73	73	80	0	60
	∑ Faces 3	0	0	0	7	0	7	7	60	67	53	7	33
	∑ Faces 4	0	7	0	0	0	33	0	53	73	73	0	33
	Média (%)	0	3	0	8	0	13	2	57	65	68	2	33

A) sinais de deterioração (fungos e insetos), B) avarias provenientes do corte ou transporte, C) fraturas transversais, D) depressões acentuadas, E) orifícios, pregos, cavilhas ou quaisquer peças metálicas não especificamente autorizadas, F) curvaturas, G) sinuosidades em qualquer trecho, H) fendas; I) rachas, J) nós ou orifícios de nós em qualquer trecho, K) veios inclinados ou espiralados, L) fibras reversas.

FONTE: A AUTORA (2008)

Na tabela 6 é possível observar que um dos defeitos mais comuns para a espécie *Corymbia citriodora* foi o desenvolvimento de pequenas fendas na superfície da madeira. Em

média 92% das faces das amostras continham pequenas fendas e considerando que uma cruzeta necessariamente contém as quatro faces, é possível afirmar que 100% das amostras apresentaram fendas.

No entanto, em sua grande maioria, tais fendas eram de tamanho pequeno, não sendo, para o propósito deste trabalho, responsáveis pela desclassificação das amostras de *Corymbia citriodora*. Com percentuais inferiores ao de fendas, a presença de nós, fibras revessas e rachaduras em combinação foi o fator determinante para as desclassificações dentro desse grupo.

Ainda na tabela 6, observa-se o percentual de defeitos por faces para a espécie *Eucalyptus cloeziana*. Entre eles, os mais comumente encontrados foram rachaduras, correspondendo a 65% das faces, seguido pelas fendas, com 50% e nós com 31%. Nessa espécie, no entanto, o defeito de empenamento com curvatura (ou flecha), presente em 17% das faces das 12 amostras, foi o grande responsável pela desclassificação de material experimental, por impossibilitar a confecção das cruzetas.

Embora o percentual de 17% pareça pequeno, é importante lembrar que a curvatura foi superior a 1,5 cm em 25% das amostras, e que a flecha foi medida na parte interna da curvatura. Como a curvatura representa também a curvatura inversa na face oposta, é possível afirmar então que o percentual de faces com curvaturas é na realidade o dobro. Tal defeito, provavelmente, se deve a diferença de tensões entre duas faces, o que pode ser sido gerado por presença de lenho de reação, em hipótese.

Quanto ao *Eucalyptus dunnii*, indubitavelmente as fendas e rachaduras que se desenvolveram ainda durante o início do processo de secagem, acima do PSF, foram as grandes responsáveis pelas desclassificações. Tais defeitos se devem provavelmente as tensões internas da espécie.

Observou-se também para o *Eucalyptus dunnii* que o percentual de nós foi o que apresentou maior índice, indicando que no manejo das árvores que deram origem às amostras coletadas não houve preocupação com a presença de nós. Muito provavelmente isso se deve ao fato de que essa espécie foi introduzida sem objetivar a produção de madeira serrada e apenas há alguns anos começou a haver interesse em utilizá-la como madeira sólida.

Devido a essas tensões em combinação com presença de nós, praticamente toda a amostragem, ressalva feita a apenas uma amostra, foi desclassificada ainda durante o processo de secagem. Para essa espécie, a quantidade e tamanho das rachaduras e fendas inviabilizaram o uso dessa espécie para o fabrico de cruzetas, conforme ilustrado na figura 10, onde é possível observar detalhes de tais defeitos.



FIGURA 10 – FENDAS E RACHADURAS APRESENTADAS PELOS CORPOS DE PROVA CONFECCIONADOS COM A ESPÉCIE *Eucalyptus dunnii*

FONTE: A AUTORA (2008)

4.3 RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA

A NBR 8458/ 84 exige que as cruzetas de 2400 mm atendam a um esforço nominal de 400 daN, com máximo excepcional de 560 daN, mínimo de ruptura de 800 daN e flecha máxima de 115 e 163 mm, para o carregamento nominal e máximo excepcional, de acordo com tabela 2 apresentada na revisão de literatura.

Comparando os valores da tabela 7 com as especificações da tabela 2, nota-se que todas as amostras ensaiadas atendem os requisitos mínimos especificados pela Norma NBR 8458, tanto no relativo à carga nominal quanto a mínima de ruptura, obedecendo também às deformações especificadas (flechas), as quais, em geral, foram inclusive muito menores que as admitidas.

A face 3 de cada uma das amostras foi levada à ruptura e a carga mínima de ruptura, apresentada na tabela 7, não só atende os requisitos da tabela 2 como também é bastante superior em todos os casos, correspondendo, no mínimo, ao dobro do valor exigido, o que indica que o dimensionamento exigido pode ser reduzido ou que espécies de menor resistência também poderiam ser utilizadas.

Todas as cruzetas ensaiadas suportaram a carga estimada com comportamento da deformação linear dentro dos valores estimados, ou seja, as cargas de 833, 3 daN, para as faces 2 e 4, e 980,39 daN, para as faces 1 e 3, não ocasionaram ultrapassagem do limite proporcional de esforços, o que pode ser comprovado pela linearidade das curvas plotadas nos exemplos da figuras 11,12 e 13 e nas tabelas específicas de cada ensaio em anexo.

TABELA 7 – TABELA DE CARGAS E DEFORMAÇÕES DAS AMOSTRAS SUBMETIDAS AO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA

Espécie	Amostra	Carga Real (daN)	Flecha (mm)	Máxima excepcional (daN)	Flecha (mm)	Mínimo de ruptura (daN)	Mínimo de ruptura NBR (daN)	Percentual de superioridade (%)
<i>Corymbia citriodora</i>	CC1	402,5	5,0	563,6	6,8	2785,3	800	248,2
	CC2	403,5	6,1	562,7	8,3	3253,9	800	306,7
	CC3	403,0	5,2	562,9	7,2	3253,9	800	306,7
	CC4	404,3	5,0	564,6	6,9	3339,2	800	317,4
	CC6	403,4	5,4	563,5	7,4	3339,2	800	317,4
	CC7	402,7	6,1	565,3	8,4	2090,2	800	161,3
	CC9	403,6	5,4	565,0	7,5	2785,3	800	248,2
	CC11	403,7	5,8	563,9	8,0	2681,4	800	235,2
	CC12	402,9	4,4	565,8	6,1	3379,4	800	322,4
	Média	403,3	5,4	564,2	7,4	2989,8	800,0	273,7
	± S	0,6	0,6	1,1	0,7	436,4	0,0	54,6
	CV (%)	0,1	10,5	0,2	9,9	14,6	0,0	19,9
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	EC1	403,5	5,3	563,8	7,3	2644,1	800	230,5
	EC4	402,9	6,2	563,8	8,7	1761,8	800	120,2
	EC6	402,5	9,7	563,8	13,7	1621,6	800	102,7
	EC7	403,9	5,3	563,8	7,3	1991,2	800	148,9
	EC12	403,5	6,2	563,8	14,5	1864,7	800	133,1
	Média	403,3	6,5	563,8	10,3	1976,7	800,0	147,1
	± S	0,6	1,8	0,0	3,5	397,0	0,0	49,6
CV (%)	0,1	27,9	0,0	34,1	20,1	0,0	33,7	
* ED8	403,1	6,3	562,4	8,7	2434,3	800	204,3	

S = desvio padrão

CV = Coeficiente de variação

* *Eucalyptus dunnii*

FONTE: A AUTORA (2008)

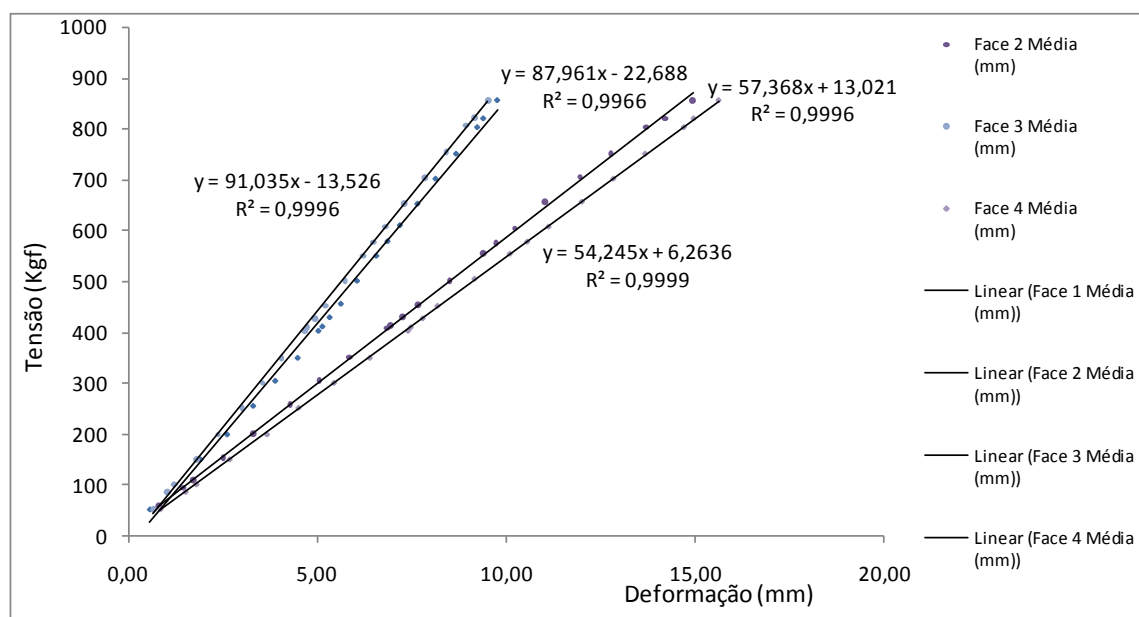


FIGURA 11 – COMPORTAMENTO LINEAR ENTRE A TENSÃO EXERCIDA E A DEFORMAÇÃO RESULTANTE, OBSERVADO EM AMOSTRAS DE *Corymbia citriodora*

FONTE: A AUTORA (2008)

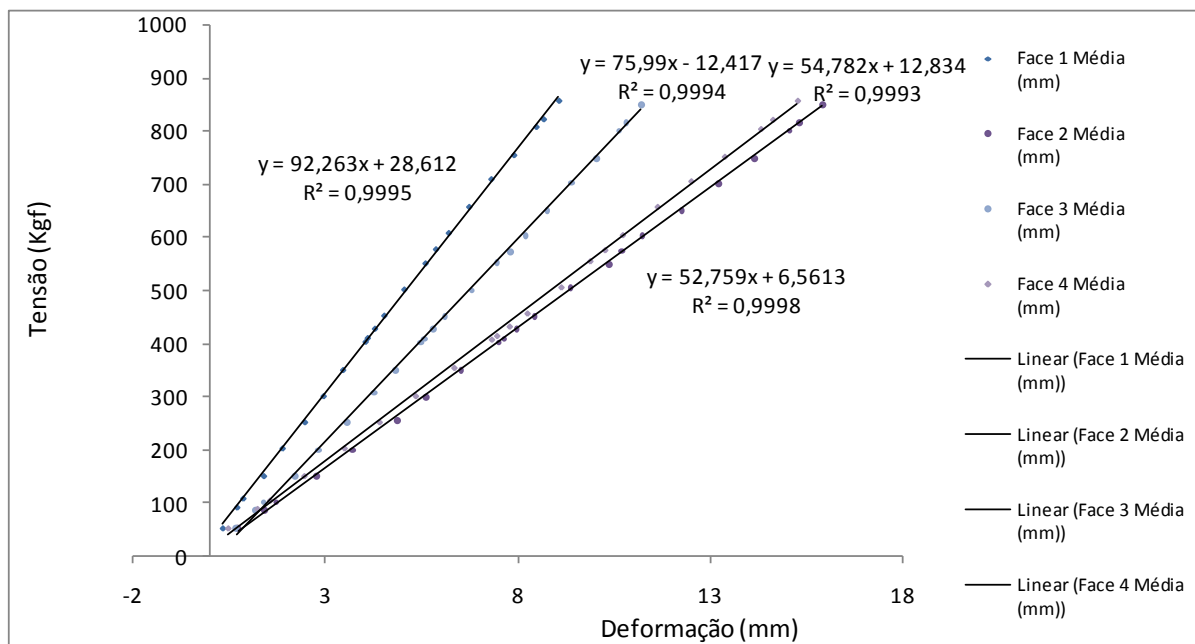


FIGURA 12 - COMPORTAMENTO LINEAR ENTRE A TENSÃO EXERCIDA E A DEFORMAÇÃO RESULTANTE, OBSERVADO EM AMOSTRAS DE *Eucalyptus cloeziana*

FONTE: A AUTORA (2008)

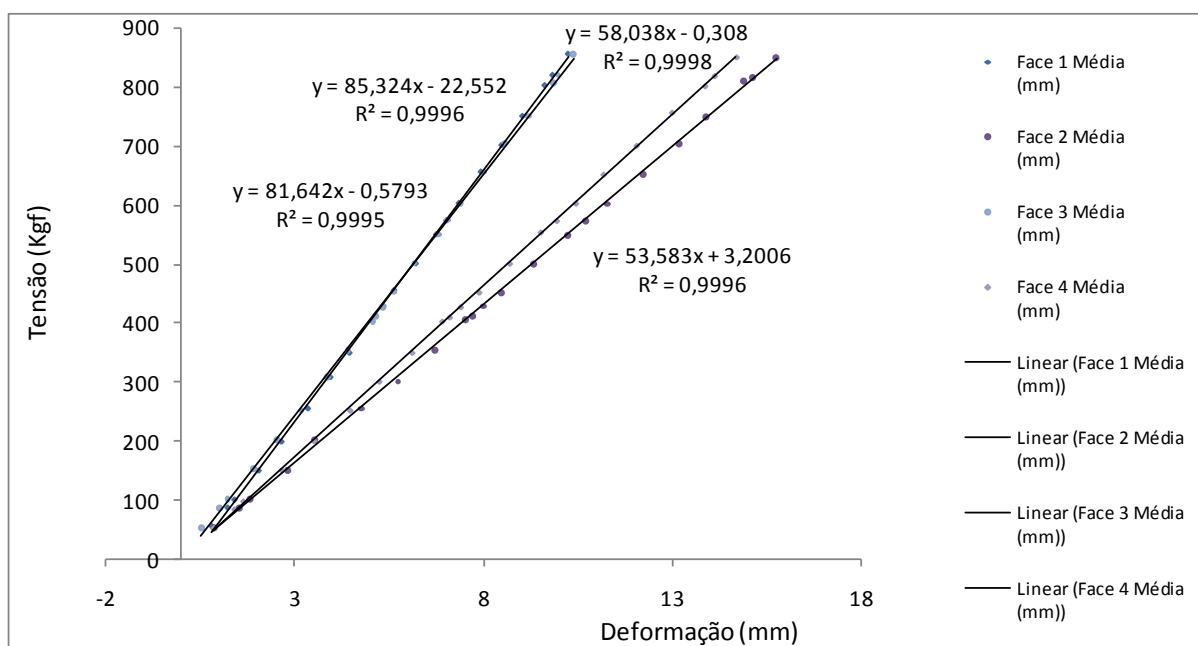


FIGURA 13 - COMPORTAMENTO LINEAR ENTRE A TENSÃO EXERCIDA E A DEFORMAÇÃO RESULTANTE, OBSERVADO EM AMOSTRAS DE *Eucalyptus dunnii*

FONTE: A AUTORA (2008)

Os gráficos apresentados nas figuras 11,12 e 13 apresentam linearidade entre a tensão exercida e a deformação resultante, assim como nos respectivos às demais amostras. Esse comportamento linear comprova que a estimativa de esforços descrita em metodologia não

causou deformação permanente em nenhuma das faces das cruzetas ensaiadas, ou seja, demonstra que as amostras não ultrapassaram o limite proporcional dentro dos esforços previstos.

A partir dos ensaios de flexão estática foram calculados os valores da rigidez da madeira (E_{M0}) e resistência da madeira à flexão (f_M), conforme descrito na metodologia no item 4.6, e os valores obtidos são apresentados nas tabelas 8 e 9, tendo sido corrigidos para a umidade de 12% de acordo com a equação 6, retirada da NBR 7190/1997, apresentada na revisão de literatura.

Os valores obtidos para a resistência a flexão das amostras de *Corymbia citriodora* são todos superiores ao citado no guia “Madeira: uso sustentável na construção civil”, do IPT, de 121,4 MPa, determinados a 15% de umidade, o que pode ser verificado na tabela 8.

Valendo-se ainda do guia do IPT como referência, tem-se a citação de rigidez da madeira de 13.337 MPa, para madeira verde de *Corymbia citriodora*. Comparando esse valor aos calculados a partir dos ensaios, vemos que todos os valores são superiores, porém nesse caso, a superioridade se deve provavelmente à diferença de teor de umidade, tendo em vista esta referência tratar-se de um valor de rigidez da madeira úmida.

Os valores obtidos para a resistência a flexão e rigidez da madeira das amostras de *Corymbia citriodora* apresentaram coeficientes de variação e desvio padrão inferiores a 10% (Tabelas 8 e 9), indicando homogeneidade do material e boa qualidade da madeira dessa espécie para o propósito de uso em questão.

Para o *Eucalyptus cloeziana*, em amostras de 17 anos de idade, Gonzalez *et al.* cita propriedades mecânicas de resistência a flexão estática a 12% de umidade de 101,2 MPa para a rigidez da madeira à flexão e 17.292 MPa para a rigidez da madeira.

Comparando a esses valores, os módulos de ruptura calculados, temos que mesmo para as amostras de menor resistência os valores são superiores, o que é devido, provavelmente, a idade das amostras utilizadas na pesquisa, que foi de 37 anos.

Quanto à rigidez da madeira, os valores foram também superiores, provavelmente pela mesma causa. Especificamente nas amostras EC6 e EC12, as quais apresentaram valores inferiores, foi identificada a presença de nós inclusos nas peças, o que certamente afeta a resistência da madeira.

Os valores de rigidez da madeira e resistência à flexão, calculados para a espécie *Eucalyptus cloeziana* apresentaram maior variação, como pode ser observado pelos coeficientes de variação e desvio padrão dos valores das tabelas 8 e 9. Porém, tais resultados poderiam ser mais uniformes em madeiras advindas de povoamentos cultivados especificamente para a finalidade em questão, com manejo para a produção de cruzetas.

TABELA 8 – VARIAÇÃO DA RIGIDEZ DA MADEIRA DAS AMOSTRAS

Espécie	Rigidez da madeira (E_{M0}) corrigida para 12% (MPa)					
	Amostras	face 1	face 2	face 3	face4	Média
<i>Corymbia citriodora</i>	CC1	18472	24037	23791	23111	22353
	CC2	24190	24531	23284	21976	23495
	CC3	24383	25057	20977	22990	23352
	CC4	22927	20791	24785	22837	22835
	CC6	21466	19837	21439	19272	20503
	CC7	18904	20554	20282	19245	19746
	CC9	20757	19880	21457	19141	20309
	CC11	19999	22590	20918	21062	21142
	CC12	23770	26330	25517	24483	25025
	Média	21652	22623	22494	21569	22084
	± S	2271	2456	1889	1984	1764
CV (%)	10	11	8	9	8	
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	EC1	22833	23165	18741	26528	22817
	EC4	21481	18841	16924	18920	19042
	EC6	12262	11991	12862	11898	12253
	EC7	25941	22784	19448	22361	22633
	EC12	13056	13145	13337	12093	12908
	Média	19115	17985	16262	18360	17931
	± S	6117	5243	3035	6404	5116
CV (%)	32	29	19	35	29	
*	ED8	21047	20267	20368	21970	20913

S = desvio padrão

CV = Coeficiente de variação

* *Eucalyptus dunnii*

FONTE: A AUTORA (2008)

TABELA 9 - VARIAÇÃO DO RESISTÊNCIA À FLEXÃO DAS AMOSTRAS

Espécie	Resistência à flexão (f_M) corrigida para 12% (Mpa)					
	Amostras	face 1	face 2	face 3	face4	Média
<i>Corymbia citriodora</i>	CC1	187	230	187	230	209
	CC2	252	319	252	319	286
	CC3	241	298	241	298	269
	CC4	229	281	229	281	255
	CC6	224	278	224	278	251
	CC7	150	187	150	187	168
	CC9	187	231	187	231	209
	CC11	188	239	188	239	214
	CC12	229	279	229	279	254
	Média	210	260	210	260	235
	± S	33	41	33	41	37
CV (%)	16	16	16	16	16	
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	EC1	185	239	185	239	212
	EC4	125	158	125	158	141
	EC6	115	144	115	144	129
	EC7	140	178	140	178	159
	EC12	145	182	145	182	163
	Média	142	180	142	180	161
	± S	27	36	27	36	32
CV (%)	19	20	19	20	20	
*	ED8	193	238	193	238	216

Quanto à umidade das amostras, embora as mesmas tenham passado por processo de secagem e acondicionamento, a umidade de equilíbrio das mesmas, em avaliação do teor de umidade, demonstrou que as amostras tinham um teor de umidade superior ao requerido pela norma (Tabela 10).

Do ponto de vista dos ensaios mecânicos, cabe ressaltar nesse sentido que a resistência mecânica é inversamente proporcional ao teor de umidade, ou seja, tendo as amostras apresentado a resistência requerida nessas condições é dedutível que as mesmas apresentariam um desempenho superior ao apresentado no teor de umidade do ensaio, haja vista a equação 6 contida na revisão de literatura.

O desvio padrão da umidade foi de 2,4 % e os resultados obtidos mostram que a variação dos valores em torno da média para o *Corymbia citriodora* foi de 10,7% e a do *Eucalyptus cloeziana* de 5,8 %, conforme tabela 10. Assim como nos casos anteriores a amostra de *Eucalyptus dunnii* foi apresentada somente a título ilustrativo.

TABELA 10 – VARIÁVEIS QUE AFETAM AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

Espécie	Amostras	desvio de grã (graus)	Umidade (%)	Densidade Aparente** (Kg/m ³)
<i>Corymbia citriodora</i>	CC1	2,6	20	895
	CC2	2,0	27	989
	CC3	0,6	26	878
	CC4	2,3	21	858
	CC6	2,1	21	842
	CC7	1,9	22	818
	CC9	1,3	21	853
	CC11	0,9	22	803
	CC12	0,7	20	933
	Média	1,6	22	874
	± S	0,7	2	58
CV (%)	46,7	11	7	
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	EC1	0,6	21	844
	EC4	1,3	21	831
	EC6	0,3	22	679
	EC7	0,6	22	822
	EC12	0,6	24	665
	Média	0,7	22	768
	± S	0,4	1	88
	CV (%)	52,7	6	11
*	ED8	0,2	28	792

S = desvio padrão

CV = Coeficiente de variação

* *Eucalyptus dunnii*

** Valores determinados ao teor de umidade da coluna ao lado

FONTE: A AUTORA (2008)

Na tabela 10, foram apresentados também os valores de densidade aparente no teor de umidade em que foram realizados os ensaios mecânicos de flexão estática. Quando observamos a tendência de comportamento da curva dos valores de densidade aparente é possível ver relação entre as propriedades mecânicas e tal valor (Figura 14). Nota-se a intrínseca relação entre as tendências das curvas plotadas para a rigidez da madeira, resistência à flexão e densidade, das cinco peças ensaiadas, no teor de umidade de realização do ensaio de flexão estática.

As amostras da espécie *Eucalyptus cloeziana*, que apresentaram grandes coeficientes de variação percentual nas resistências calculadas através do ensaio de flexão, também podem ter seu comportamento explicado pela variação de densidade aparente dentro da amostragem, conforme elucidado na figura 14:

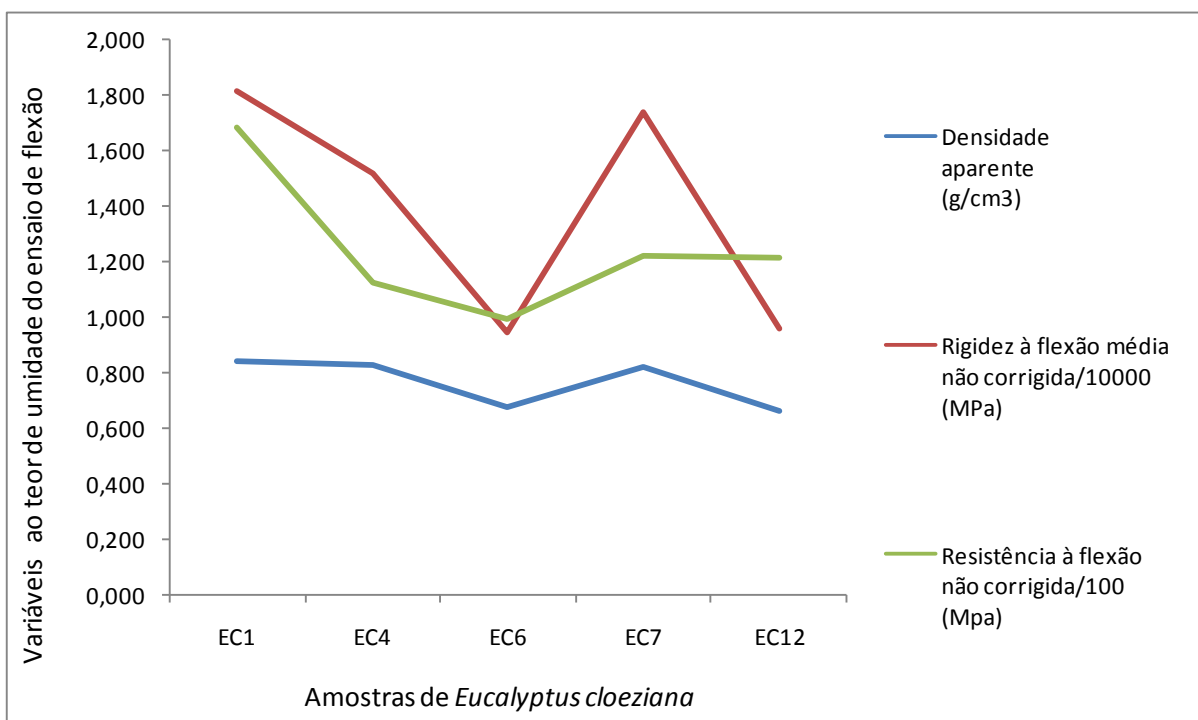


FIGURA 14 – GRÁFICO DE CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE UMIDADE, DENSIDADE, RIGIDEZ E RESISTÊNCIA À FLEXÃO DAS AMOSTRAS DE *Eucalyptus cloeziana*

FONTE: A AUTORA (2008)

Para o desvio de grã não foi possível encontrar uma relação direta entre os valores medidos e a resistência mecânica, significando que embora tal fator tenha influência, sendo tão importante quanto à variação da densidade, os valores obtidos não puderam ser relacionados, dado a grande variação dos padrões de grã observados.

4.4 PENETRAÇÃO DE TRATAMENTO PRESERVATIVO

Da avaliação de penetração do preservativo CCA, conforme esperado, não se observou penetração no cerne de nenhuma das espécies estudadas, o que está de acordo com as informações da revisão de literatura, pois autores afirmam que isso acontece, de modo geral, porque embora o alburno seja relativamente fácil de ser impregnado, o mesmo não ocorre com o cerne, devido à sua impermeabilidade (BLEW, 1965; NICHOLAS & SIAU, 1973; SANTINI, 1988 e TAMBLYN, 1978), sendo esta a causa mais importante das diferenças de penetração dos preservativos no lenho (REIMÃO, 1972).

A maior impermeabilidade do cerne se explica pelas alterações anatômicas, físicas ou químicas que ocorrem durante as transformações do alburno em cerne (HUNT & GARRATT, 1967), sendo tais alterações acompanhadas pela morte da célula, acúmulo de substâncias e, ocasionalmente, desenvolvimento de tilos nos vasos (REIMÃO, 1972; PANSIN & DE ZEEUM, 1980; SANTINI, 1988).

Quanto ao alburno a penetração pode ser avaliada somente para as cruzetas da espécie *Corymbia citriodora*, pois para as outras espécies, as cruzetas foram fabricadas de puro cerne. No caso dessa espécie foi observada boa penetração no alburno, especialmente através dos vasos desobstruídos da madeira, como ilustrado na figura 15 em cortes transversal (A) e longitudinal (B), após reação colorimétrica com cromoazurol S.

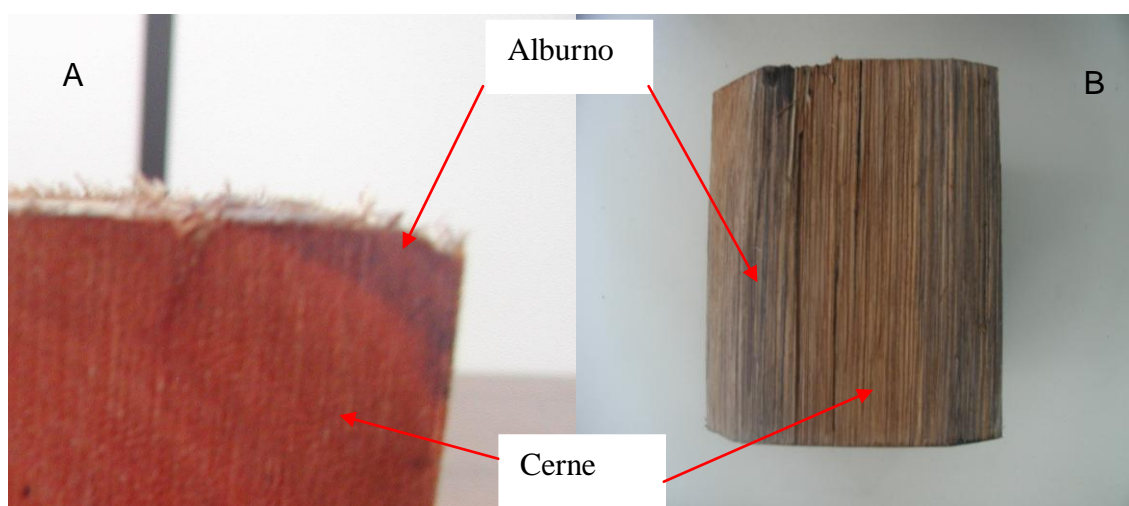


FIGURA 15 – PENETRAÇÃO DO PRESERVATIVO CCA NO ALBURNO DA MADEIRA DE *Corymbia citriodora*

FONTE: A AUTORA (2008)

A penetração de CCA no alburno das amostras de madeira de *Corymbia citriodora*

indicam que a restrição da NBR 8456 ao uso exclusivo de cerne, deve ser revista, pois não contempla a possibilidade de tratamento da madeira de alburno visando aumentar sua longevidade, embora isso seja possível.

No que concerne à resistência natural das espécies, em primeira instância, o cerne e o alburno devem ser discutidos separadamente por sua diferença fisiológica e de composição química.

O alburno não possui resistência natural, mas havendo permeabilidade, o mesmo poderá ser tratado adequadamente. Quanto ao cerne, exceção feita a algumas espécies, em geral existe pouca ou nenhuma permeabilidade, mas algumas espécies apresentam resistência natural advinda do processo fisiológico de transformação do alburno em cerne.

Para peças que contenham ambos os tipos de madeira, cerne e alburno, a durabilidade do material tratado é definida pelo alburno. Havendo permeabilidade do alburno para tratamentos preservativos, o mesmo deverá ser efetuado para garantir maior longevidade do alburno tratado, equiparando-a a longevidade natural da madeira de cerne.

4.5 CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS E FUNCIONAIS

Em nosso país, o uso de cruzetas e postes de madeira tem, historicamente, sido relegado a segundo plano, em meio a mitos alimentados pelo uso inadequado da madeira, e interesses econômicos de grupos ligados as indústrias de artefatos de concreto.

No entanto, se confeccionadas com as espécies permitidas pela norma, ou com outras que possuam cerne como exigido por norma e alburno tratável, cruzetas de madeira não devem ter um ciclo de vida inferior ao de cruzetas de concreto, pois, em condições de clima tropical são comuns as chuvas, o que acelera, devido à presença de umidade, o processo de carbonatação a partir da reação entre o gás carbônico, existente no ar, e os compostos alcalinos da rede de poros do concreto, fazendo com que cloretos atinjam a armadura das cruzetas e causem corrosão no metal.

No que concerne a massa, o material madeira possui uma relação resistência-massa muito boa quando comparamos com o concreto armado (Tabela 11), material mais utilizado para esse fim em nosso país. Ressalvas feitas à diferença de dimensão e de densidades por espécie florestal podemos no mínimo falar em uma diferença superior a 50%, ou seja, uma peça de madeira pesa menos da metade de uma de concreto armado.

A diferença de massa entre uma cruzeta de madeira e uma de concreto representa uma forte diferença no custo/ tempo de instalação e custo de transporte das cruzetas, lembrando ainda que em locais de acesso difícil pela geografia do terreno o uso de madeira é certamente

o mais lógico e econômico.

TABELA 11 – VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA CÁLCULO DA DIFERENÇA DE MASSA ENTRE AS ESPÉCIES UTILIZADAS E O CONCRETO ARMADO

Material	Seção (mm)	Comprimento (mm)	Volume (m ³)	Massa (Kg)	Dens. Apar. (kg/m ³)
Corymbia citriodora	90,0 x 112,5	2400	0,0243	21,25	874,4
Eucalyptus cloeziana	90,0 x 112,5	2400	0,0243	18,66	768,0
Eucalyptus dunni	90,0 x 112,5	2400	0,0243	19,25	792,1
Concreto armado	90,0 x 115,0	2300	0,0238	59,51	2500,0

FONTE: A AUTORA (2008)

Quanto ao custo, de acordo com os valores da tabela 12, o valor de uma cruzeta de madeira é inferior a de concreto. Calculando a diferença percentual temos que os valores de uma cruzeta de concreto são da ordem de 17% e 36% superiores ao valor de uma cruzeta de madeira de 2400 mm e 2000 mm, respectivamente.

TABELA 12 – PREÇO DE CRUZETAS POR TIPO DE MATERIAL

Material	Descrição	Valor (R\$)
Madeira	Cruzeta de madeira 90x112,5x2000mm	45,35
	Cruzeta de madeira 90x112,5x2400mm	53,35
Concreto Armado	Cruzeta de concreto 90x115x2100mm	62,00
	Cruzeta de concreto 90x115x2400mm	62,00

FONTE: www.jabu.com.br e www.postes.com.br (2007)

Afora isso, o Brasil é um país de vocação florestal e já é tempo de inovações culturais no sentido de valorizar a madeira como material estrutural, utilizando-o adequadamente, para que, dentro do cenário brasileiro, deixemos de observar que cruzetas, postes ou quaisquer outras estruturas de madeiras comumente criticadas e normalmente mal utilizadas, sejam substituídas por materiais menos adequados.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise dos resultados obtidos é possível concluir que:

- A espécie de maior rendimento na produção de cruzetas foi o *Corymbia citriodora*, com 75% de rendimento, pois não apresentou defeitos em mesma intensidade que as demais.
- Um dos defeitos mais comuns para a espécie *Corymbia citriodora* foram pequenas fendas desenvolvidas na superfície da madeira. A combinação de presença de nós, fibras revessas e rachaduras foi o fator determinante para as desclassificações de amostras dessa espécie.
- O *Eucalyptus cloeziana* ficou em segundo lugar com um rendimento de 42%, sendo que a espécie apresentou problemas durante o desdobro com perda de 25% do material. Os outros 32% de perda ocorreram durante o processo de secagem e o desenvolvimento de curvaturas (ou flecha) nas peças ao longo do eixo longitudinal foi o problema encontrado que teve maior repercussão nesse processo.
- O material da espécie *Eucalyptus dunnii* utilizado nos experimentos apresentou um rendimento baixo, de 7 %, inviabilizando sua utilização como material para produção de cruzetas, nesse caso.
- No que concerne aos ensaios mecânicos de flexão estática, todas as amostras ensaiadas atingiram os valores exigidos pela NBR 8456 no relativo ao carregamento nominal, máximo excepcional, mínimo de ruptura e deformações especificadas (flecha).
- Para todas as amostras ensaiadas, as cruzetas suportaram as cargas estimadas com comportamento linear da curva tensão x deformação, ou seja, não atingiram o limite proporcional, superando assim o mínimo de ruptura exigido pela Norma NBR 8458.
- Não foi possível encontrar uma relação direta entre os valores medidos para o desvio de grã e a resistência mecânica no presente trabalho, devido a grande variedade no tipo de grãos do material e valores medidos.
- Da avaliação de penetração do tratamento preservativo, não foi observada penetração no cerne de nenhuma das espécies, conforme esperado, mas no caso do *Corymbia citriodora*, cujas amostras possuíam alburno, foi observada boa penetração no alburno, especialmente através dos vasos.
- Da discussão sobre cruzetas de diferentes materiais conclui-se que o valor de uma cruzeta de madeira é inferior a de uma de concreto ou aço e que a diferença de massa

entre uma cruzeta de madeira e uma de concreto pode representar uma forte diferença no custo/ tempo de instalação e custo de transporte das cruzetas.

Após discussões e conclusões do presente trabalho são deixadas as seguintes recomendações:

- Que sejam feitos novos estudos buscando por mais espécies que possam atender a demanda do setor elétrico em substituição a grande maioria das espécies nativas apresentadas pela Norma NBR-8458, pois as mesmas, em parte já não estão disponíveis no mercado, e as que ainda existem são matéria-prima para a indústria de produtos de maior valor agregado, o que gera reflexos no custo da matéria prima.
- Aconselha-se que o fato de a madeira tratada não ser contemplada na Norma NBR 8458/1984 seja revisto, e que seja feito um estudo da possibilidade de alteração das especificações de cruzetas pelas entidades responsáveis, haja vista a existência de métodos eficientes para extensão da longevidade útil da madeira, via tratamento.
- Sugere-se que o tema uso da madeira tratada no setor elétrico e de construção civil seja mais valorizado e que os estudos e levantamento de dados sobre o tema sejam incentivados, afim de que a madeira tratada venha a receber a devida valorização em nossa sociedade.
- Espécies plantadas no Brasil, especialmente as do gênero *Pinus*, apresentam pouco cerne e excelente permeabilidade a tratamentos preservativos no alburno da madeira, sendo recomendado que sejam estudadas para a produção de cruzetas de madeira tratada. Outras espécies do gênero *Eucalyptus* que apresentem maior estabilidade dimensional como o *Eucalyptus grandis* ou híbridos desses também devem ser testadas.
- Recomenda-se que novos ensaios sejam realizados com as espécies *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus dunnii* com madeira advinda de manejo mais adequado à produção de madeira sólida ou especificamente cruzetas, preferencialmente com idade inferior a utilizada no trabalho.
- Também podem ser revistas as exigências de dimensionamento, buscando adequá-las a resistência mecânica das espécies, bem como a inclusão de cruzetas cilíndricas, visando aumento do rendimento produtivo das cruzetas de madeira, pois em ambos os casos haveria redução de custos no processo produtivo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO EXPRESSÃO GESTÃO SOCIAL 2006. **O desafio da sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.expressao.com.br/social/frameset/anuarios.htm>>. Acesso julho de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8458 – Cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica.** Abril de 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8459 – Cruzetas de madeiras – Dimensões.** Abril de 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190 – Projetos de estruturas de madeira.** Agosto de 1997

BARILLARI, C.T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: Avaliação em campo e apodrecimento.** Tese de mestrado da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz – USP. Piracicaba, 79 p., 2002.

BURGER, A.M. & RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira.** 1º edição. Editora Nobel. São Paulo, 154p., 1991.

NORMA PANAMERICANA COPANT– 458. **Selección y colección de muestras,** Abril de 1972.

DALFRÉ, G.M. **Cruzetas de Polímeros reciclados: caracterização dos materiais, análise numérica e ensaios de modelos reduzidos.** Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

GALVÃO, A. P.M. **Processos práticos para preservar a madeira.** Piracicaba ESALQ / USP, 1975.

GOLFARI, L. *et alli* - Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: 2. aproximação. **Série técnica. PRODEPEF,** Brasília (11): 1-110, 1978.

GONÇALEZ, J.C., BRENDA, L.C.S., BARROS, J.F.M., MACEDO, D.G., JANIN, G., COSTA, A.F., VALE, A.T. **Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden E *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira.** Revista Ciência Florestal, Vol. 16, No. 3, pp. 329-341, 2006.

GOMES, J. M. et alii - **Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais.** Revista árvore, Viçosa, 11(2): 72-88, 1977.

HUNT, G.M. & GARRATT, G.A. **Wood preservation.** McGraw-Hill. 3 ed, 433p. New York, 1967.

INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS – IPT. **Chave de Identificação de Espécies Florestais (CIEF).** Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/lista.asp>>. Acesso em julho de 2008.

IWAKIRI, S. Revista REMADE - **Produção de painéis compensados multilaminados de *Eucalyptus*.** nº 111 - ano 18 - Março de 2008.

JANKOWSKY, I.P. **Fundamentos da preservação de madeiras.** USP. Departamento De Ciências Florestais. Piracicaba – SP. 1990.

KISE, C. M. - Introdução de espécies/procedências de ***Eucalyptus***, região de Bom Despacho. **Comunicação técnica. PRODEPEF**, Brasília (17): 1-31, 1977.

KLOCK, U. **Características gerais da madeira.** Universidade Federal do Paraná – Disponível em : <<http://www.madeira.ufpr.br/UmbertoKlock/intrtecnologia>>. Acesso em 16 fevereiro de 2006.

LEE, D., LAWSON, S., HUTH J. e HOUSE, S. **Hardwoods Advice Plantation species profile Dunn's white gum (*Eucalyptus dunnii*).** In: Department of Primary Industries and Fisheries.

Disponível em: <http://www2.dpi.qld.gov.au/hardwoodsqld/12610.html>. Acesso em 5 de outubro de 2008.

LEPAGE, E.S. *et alli* **Manual de preservação de madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Divisão de madeiras. São Paulo, v. I e II, 707p, 1986.

LEPAGE, E.S. *et alli* **Métodos de ensaios e análises em preservação de Madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT. Divisão de Madeiras. B-15, 1980.

LOPES, C.S.D.; TOMAZELLO FILHO, M. **Análise densitométrica da madeira de árvores de *Eucalyptus dunnii*, de 18 anos de idade**. In: Anais do Simpósio de Pós-graduação em Ciências Florestais. Piracicaba, 2006. CD ROM

LOPES, C.S.D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 88p.

Madeira: uso sustentável na construção civil – Parceria do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, da Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente e Sinduscon – SP. Ficha Técnica, pág 41. São Paulo, 2003

Manual de preservação de madeiras. Convênio IBDF-IPT-ABPM. B-2. Pág. 1 - 13. 1969.

MENDES, A. J., ALVES, M.V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**, IBDF/DPQ - LPF, Brasília. 1998.

MORESCHI, J.C. **Biodegradação e Preservação de Madeiras**. Manual Didático do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. 31p. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm.pdf>>. Acesso em 28 de julho de 2006.

MORESCHI, J.C. **Produtos preservantes de madeira**. Manual Didático do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. 31p. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm.pdf>>. Acesso em 28 de julho de 2006.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira** Apostila do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná. 168 p. Disponível em

<<http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm.pdf>>. Acesso em 12 de agosto de 2007.

MOURA, V. P. G. *et alli* - **Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus em Minas Gerais e Espírito Santo**. Resultados parciais. Boletim de pesquisa. EMBRAPA/CPAC, Brasília (1): 1-104, 1980.

MOURA, V. P. G. & COSTA, S. M. de - **Seleção de espécies de Eucalyptus no eixo Campo Grande-TrêsLagoas, MS**. Boletim de pesquisa. EMBRAPA/CPAC, Brasília (23): 1-33, 1985.

MOURA *et alli*. **Comportamento de procedências de *Eucalyptus cloeziana* f. Muell. aos nove e meio anos de idade, em Planaltina, DF, área de cerrado**. IPEF n.46, p.52-62, jan./dez.1993.

NBR 8458. **Cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, abril de 1984.

NBR 8459. **Cruzetas de Madeira – Dimensões**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, abril de 1984.

NBR 7190. **Projetos de estruturas de Madeira**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, agosto de 1997.

NICHOLAS, D.D. & SIAU, J.F. Factors influencing the deterioration of wood. In: **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments**; Syracuse University Press, v.2 . Syracuse, 1973.

PAES, B.P. **Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scrobella* Benth.), por meio de métodos simples e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminalis* Lab**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1991.

PANSHIN, A.J. & DE ZEEUM, C. **Text book of wood technology**. McGraw-Hill. 4 ed, 722p. New York, 1980.

REIMÃO, D.S.C. **Impregnação de Madeira pelo processo de ascensão de soluções salinas.** Instituto de investigação Agronômica de Angola. Série científica 9. Nova Lisboa, 1972.

RICHARDSON, B.A. **Wood Preservation.** Second Edition. E & FN Spon, London, 226 p., 1993

ROCHA, M.P. **Biodegradação e Preservação de madeiras.** Apostila didática- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, FUPEF, 94 p., 2001.

ROCHA, MP, TRUGILHO, P.F. **Qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e teor de umidade.** Revista Cerne, vol 12, número 004, pag 314-321. Lavras, 2006.

SANTINI, E.J. **Biodetruição e preservação da madeira.** CEPEF/FATEC. 125p. Santa Maria, 1988.

SILVA, JC *et alli.* **Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*).** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.4, p.583-587, 2004.

SIAU, J.F. **Flow in wood.** Syracuse University Press. 131p. Syracuse, 1971.

SIAU, J.F. **Transport process in wood.** Spring Verlag Press. 245p. Berlim, 1984.

STAMM, J.A. **Wood and Cellulose Science.** The Ronald Press. 549 p. New York, 1964.

TAMBLYN, N.E. **Preservation and preserved wood.** In: HILLIS, W.W. & BRAWN, A.G. ed. **Eucalyptus for wood production.** 1978

TORRES JUAN, J. **Conservación de maderas en su aspecto práctico.** Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1966.

WILKINSON, J.G. **Industrial timber preservation.** Research & Development Division Rentokil Limited. Associated Business Press, London, 532 p., 1959.

ANEXO 1 – CONTROLE DE UMIDADE

Eucaliptus dunnii			
Amostra	% Umidade		Média
1	41,8	47,1	44,45
2	45,2	48,1	46,65
3	48,2	45,5	46,85
4	43,9	43,8	43,85
5	53	47,8	50,4
6	47,8	49,2	48,5
7	54,5	53,9	54,2
8	47,3	49,8	48,55
9	50,3	47,2	48,75
10	52,5	48,3	50,4
11	53,5	53,7	53,6
12	53,9	51,5	52,7
13	52,6	52,2	52,4
14	49,4	51,2	50,3
15	47,6	52,4	50

Eucaliptus cloeziana			
Amostra	% Umidade		Média
1	18,2	17,1	17,65
2	29,2	30	29,6
3			
4	17,2	16,3	16,75
5			
6	34,2	30	32,1
7	30,7	24,7	27,7
8			
9	38,7	38,4	38,55
10	30,5	33,5	32
11	17,7	24,6	21,15
12	30,7	36,2	33,45

Corymbia citriodora			
Amostra	% Umidade		Média
1	33	28,4	30,7
2	36,1	32,7	34,4
3	42,6	36,4	39,5
4	25,7	31,3	28,5
5	26,6	38,2	32,4
6	38,2	43,7	40,95
7	42	37,8	39,9
8	33,5	35	34,25
9	37,2	40	38,6
10	30,3	34,7	32,5
11	35,5	33,9	34,7
12	32,5	37,4	34,95

21/01/2008

CONTROLE DE UMIDADE 29/05/2008			
Amostra	Porcentagem de Umidade		Média
EC 1	16	17,1	16,55
EC 4	15,7	15,6	15,65
EC 6	17,4	19,2	18,3
EC 7	15,4	15,6	15,5
EC 12	17,9	19,4	18,65
CC 1	22,3	30,3	26,3
CC 2	19,5	21,7	20,6
CC 3	32,6	28,7	30,65
CC 4	21,3	15,2	18,25
CC 6	22,8	25,5	24,15
CC 7	21,7	22,9	22,3
CC 9	23,1	24,4	23,75
CC 11	21,8	22,8	22,3
CC 12	21,7	22,2	21,95
ED 8	31,2	28,3	29,75

CONTROLE DE UMIDADE PRÉ - TRATAMENTO			
Amostra	Porcentagem de Umidade		Média
EC 1	30,8	29,8	30,3
EC 4	28,0	31,5	29,8
EC 6	33,9	35,0	34,5
EC 7	37,4	36,2	36,8
EC 12	43,9	43,0	43,5
CC 1	27,4	31,7	29,6
CC 2	45,9	43,3	44,6
CC 3	47,6	49,4	48,5
CC 4	38,3	38,5	38,4
CC 6	43,3	40,9	42,1
CC 7	37,8	43,7	40,8
CC 9	42,5	45,5	44,0
CC 11	40,6	44,4	42,5
CC 12	39,7	37,6	38,7
ED 8	52,9	48,7	50,8



Umidade das cruzetas e densidade aparente: dimensões dos corpos de prova utilizados e teor de umidade

Medidas das amostras úmidas												
Amostra	L1 (mm)	L2 (mm)	Média (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	Média (mm)	C1 (mm)	C2 (mm)	Média (mm)	úmida (g)	Umidade (%)	Densidade (kg/m ³)
CC 1	90,720	90,640	90,680	109,870	109,870	109,870	24,960	24,820	24,890	221,350	20,241	895,132
CC 2	91,200	90,860	91,030	112,890	112,890	112,890	24,670	25,070	24,870	254,701	26,970	988,636
CC 3	87,770	87,990	87,880	108,710	108,710	108,710	24,870	25,890	25,380	217,223	25,749	878,242
CC 4	90,850	91,060	90,955	112,980	112,980	112,980	24,760	25,700	25,230	226,711	21,358	858,443
CC 6	90,850	91,170	91,010	111,950	111,950	111,950	25,630	24,870	25,250	213,322	21,415	841,873
CC 7	87,420	87,830	87,625	112,690	112,690	112,690	25,700	25,000	25,350	201,907	22,165	817,896
CC 9	90,410	90,700	90,555	113,870	113,870	113,870	24,450	25,220	24,835	221,805	20,887	852,913
CC 11	89,610	89,150	89,380	112,520	112,520	112,520	25,040	25,280	25,160	204,149	22,397	802,971
CC 12	90,370	90,310	90,340	110,680	110,680	110,680	23,690	24,820	24,255	231,616	20,279	933,292
EC 1	85,630	85,750	85,690	106,090	106,090	106,090	24,680	25,120	24,900	192,624	20,556	843,502
EC 4	88,290	88,010	88,150	110,790	110,790	110,790	24,840	25,160	25,000	204,161	20,549	830,882
EC 6	86,210	86,000	86,105	109,360	109,360	109,360	25,000	25,310	25,155	161,864	22,015	679,159
EC 7	85,300	85,710	85,505	110,960	110,960	110,960	24,670	25,480	25,075	198,673	22,109	821,829
EC 12	85,750	85,450	85,600	107,120	107,120	107,120	26,050	26,020	26,035	158,585	23,577	664,677
ED 8	85,750	85,570	85,660	107,930	107,930	107,930	25,000	25,050	25,025	183,452	27,843	792,126

ANEXO 2 – TABELAS DE DEFEITOS



Amostra	Defeitos Face 1												Defeitos Face 2											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
CC1								Hc												Hc	Ib	Jc		
CC2								Hb	Ic	Jc										Hc	Ic	Jc		
CC3						Fc		Hc												Hc	Ic			
CC4								Ha		Jc										Hc	Ib			
CC5		Bc						Hb	Ic	Ja				Bc						Hc		Ja	Kb	Lc
CC6								Hc		Jb										Hc	Ic			
CC7						Fc		Hc												Hc	Ic			Lc
CC8								Hc	Ib		La							Fa		Hc			La	
CC9								Hc		Jc										Hc	Ic	Jc		
CC10								Hc	Ic		La							Fa		Hc		J	La	
CC11						Fc			Ic		Lc									Hc	Ic		Lc	
CC12								Hc	Ic	Jb										Hc	Ic			
%	0	8,33	0	0	0	25	0	91,7	50	50	0	25	0	8,33	0	0	0	16,7	0	100	75	41,7	8,33	41,7

Amostra	Defeitos Face 3												Defeitos Face 4											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
CC1									Ic											Hc	Ic	Jb		
CC2								Hc	Ic											Hc	Ic	Jc		
CC3								Hc		Jc										Hc	Ic			Lc
CC4								Hc												Hc	Ib	Jc		
CC5		Bc	Cb						Ib	Jc	Kb	Lc								Hc	Ib	Jb	Kb	Lb
CC6								Hc			Lc									Hb	Ic	Jc		
CC7						Fc		Hc												Hc	Ib			Lc
CC8								Hc			La									Hb	Ib			
CC9								Hc		Jb										Hc				
CC10								Hc	Ic		La							F		Hb	Ic		La	
CC11						Fc			Ic	Jc	Lc									Hc	Ic		Lc	
CC12								Hc	Ic	Jb										Hc	Ib	Jc		
%	0	8,33	8,33	0	0	16,7	0	75	50	41,7	8,33	41,7	0	0	0	0	0	8,33	0	100	91,7	50	8,33	41,7

 Amostras desclassificadas
 Amostras perdidas no desdobro

Amostra	Defeitos Face 1												Defeitos Face 2											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
EC1								Hc												Hc	Ib			
EC2		Bc				Fa	Gb		Ia	Ja		Lc						Fa		Ic				
EC3																								
EC4									Ic	Jc										Hb	Ib			
EC5																								
EC6								Hc		Jc										Hc	Ic	Jc		
EC7						Fc			Ic	Jc										Hc	Ib			
EC8																								
EC9						Fa		Hb	Ic			Lb								Hc	Ic			
EC10		Bb				Fa			Ic									Fb		Hc	Ia	Jb		
EC11						Fb			Ic	Ja								Ga		Ib	Ja			
EC12								Hc	Ib												Ic	Jc		
%	0	16,7	0	0	0	41,7	8,33	33,3	58,3	41,7	0	16,7	0	0	0	0	0	8,33	16,7	50	75	33,3	0	0

Amostra	Defeitos Face 3												Defeitos Face 4											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
EC1								Hc		Jc										Hc	Ib	Jc		
EC2		Bb				Fa			Ib			Lc						Fb		Hb	Ib	Jc	Kc	
EC3																								
EC4								Hc	Ic											Hc	Ic			
EC5																								
EC6								Hc												Hc	Ib			
EC7								Hc												Hc	Ib			
EC8																								
EC9								Hb	Ic			Lb								Hc	Ic			
EC10								Hc	Ic	Jb				Bb						Hc	Ib	Jc		
EC11									Ic									Ga		Hc	Ic			
EC12									Ic	Jc											Ib			
%	0	8,33	0	0	0	8,33	0	50	50	25	0	16,7	0	8,33	0	0	0	8,33	8,33	66,7	75	25	8,33	0

 Amostras desclassificadas
 Amostras perdidas no desdobro

Amostra	Defeitos Face 1												Defeitos Face 2											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ED1	Bb								Jb										Ha	Ia	Jb		Lc	
ED2								Ic													Ja			
ED3								Ia			Lc								Ha	Ia	Jb		Lc	
ED4							Ha	Ia	Jb										Hb	Ia	Ja			
ED5				Dc				Ic	Jc										Ha	Ia	Jb		Lc	
ED6				Db				Ib	Jc										Ha	Ia	Jb		La	
ED7							Hc	Jb											Hc		Jc		Lb	
ED8																				Ic	Jc			
ED9							Hb	Jb								Fa		Hb	Ib	Jb		Lb		
ED10					Fb										Dc			Hb	Ia	Ja		Lb		
ED11							Hc	Ic	Jb									Ha	Ia	Jc		Lb		
ED12				Dc				Ic	Jc									Ha	Ia	Jb		La		
ED13	Bb						Hb	Ia	Ja			Lb						Hb	Ib	Jb		La		
ED14							Hc	Ic	Jc									Ha	Ia	Jb		Lb		
ED15									Ja									Hc	Ib	Jc				
%	0	6,67	0	20	0	6,67	0	40	46,7	66,7	0	6,67	0	0	0	6,67	0	6,67	0	73,3	73,3	80	0	60

Amostra	Defeitos Face 3												Defeitos Face 4											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ED1	Bb					Gb	Hc	Jb						Ba				Hb	Ib	Jc		Lc		
ED2							Ia											Ha	Ib	Jc				
ED3							Hc	Jc							Db			Ic	Jc					
ED4							Ha	Ia	Ja	Lb								Ha	Ia	Jc		Lb		
ED5						Gc	Hb											Ha	Ia	Jc		Lb		
ED6			Db															Ha	Ia	Jb		Lc		
ED7							Ha	Ia	Ja	La								Ha	Ic	Jb		Lb		
ED8							Ic												Ic					
ED9							Hc	Ic	Jb									Ha	Ia	Jb				
ED10							Ha	Ia	Ja	Lb					Fa			Ic	Jc					
ED11							Ha	Ia	Jc									Hc	Ic	Jc				
ED12				Fb			Hc	Jc								Fc			Jc					
ED13							Ha	Ia	Kb	Lb			Bc		Fa			Hc	Ic	Jc				
ED14							Ha	Ic	Jb	Lb					Fa			Ic	Jc					
ED15							Ha	Ia	Jc							Fb		Ha	Ia	Ja		Lb		
%	0	0	6,67	0	6,67	6,67	60	66,7	53,3	6,67	33,3	0	6,67	0	0	0	33,3	0	53,3	73,3	73,3	0	33,3	

**ANEXO 3 – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DA MÁQUINA UTILIZADA PARA
OS ENSAIOS MECÂNICOS DE FLEXÃO ESTÁTICA**



Laboratório de
FORÇA, PRESSÃO E MASSA
REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO



Certificado de Calibração

Data da Calibração: 20/11/07

Data da Emissão: 05/12/07

n. 6047/07

Página: 1 de 4

1 CONTRATANTE: FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ
Rua Prefeito Lothario Meissner, 3400 - Curitiba - PR

2. SOLICITANTE: O mesmo

Local da Calibração: Laboratório de Unidade de Ensino, Pesquisa e Treinamento do Contratante

3. MÁQUINA DE ENSAIO DE MATERIAIS CALIBRADA (SMC):

3.1 Gerador de Força:

Nº Série (fabricante):	2281-1/2281-2	Faixas de Indicação	Incremento
Nº Identificação (solicitante):	311904		Digital
Tipo de Acionamento:	Hidráulico	0 a 3000 kgf	1 kgf
Tipo de Carregamento:	Tração e Compressão	0 a 30000 kgf	1 kgf

4. SÍNTESE DESTA CALIBRAÇÃO:

A máquina de ensaios de materiais calibrada satisfaz as tolerâncias da norma ISO 7500-1, conforme classificação abaixo.

Faixa de Indicação	Classificação			
	Classe 0,5	Classe 1	Classe 2	Classe 3
0 a 3000 kgf	A partir de 1750 kgf	A partir de 1500 kgf	A partir de 1000 kgf	Toda a Faixa
0 a 30000 kgf	Não se Enquadra	Não se Enquadra	A partir de 9000 kgf	A partir de 6000 kgf

5. PADRÃO UTILIZADO (SMP):

5.1 DINAMÔMETRO ELETRÔNICO

Nº Registro (CERTI): RL 0130/RC 2014

U_{95} : +/- 7 N

Rastreabilidade: Certificado de Calibração CETEC 118784, de 13/01/06, válido até 01/08.

5.2 DINAMÔMETRO ELETRÔNICO

Nº Registro (CERTI): RC 3019/RC 2014

U_{95} : +/- 100 N

Rastreabilidade: Certificado de Calibração CETEC 118794, de 25/01/06, válido até 01/08.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre/Inmetro, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. A Cgcre/Inmetro é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation, e do Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração, nas condições específicas, não sendo extensivos a quaisquer lotes. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na regulamentação metrológica. A CERTI autoriza a reprodução deste certificado, desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. O ajuste de instrumentos, quando realizado, não faz parte do escopo de acreditação do laboratório.

Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras - CERTI

Campus da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Setor C
CEP: 88040-970
Florianópolis - SC
Caixa Postal 5053

Tel.: +48 3239 2121
Fax: +48 3239 2119
metrologia@certi.org.br
www.certi.org.br

Fundação CERTI
CNPJ 78.626.363/0001-24
Insc. Est. 251.378.241
Insc. Mun. 50.111-5

ANEXO 4 - ENSAIOS DE FLEXÃO

AMOSTRA= CC1

AMOSTRA= CC1

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=6' 22"

t=7' 22"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1		50	57	0,78	0,54	0,66	53	0,71	0,51	0,61
		85	88,5	1,39	0,90	1,14	87,3	1,27	1,06	1,17
2		100	102	1,65	1,05	1,35	102	1,51	1,30	1,41
3		150	151	2,40	1,53	1,97	158	2,32	2,03	2,18
4		200	203	3,49	1,98	2,74	200	2,85	2,68	2,77
5		250	264	4,32	2,56	3,44	252	3,51	3,39	3,45
6		300	301	4,84	2,82	3,83	305	4,15	4,07	4,11
7		350	354	5,49	3,30	4,40	350	4,86	4,56	4,71
8		400	403	6,11	3,76	4,94	403	5,60	5,17	5,39
		408	410,8	6,2	3,8	5,0	409,9	5,8	5,3	5,5
		425	427,5	6,39	3,99	5,19	427,5	6,02	5,50	5,76
9		450	452	6,67	4,21	5,44	452	6,43	5,83	6,13
10		500	505	7,28	4,76	6,02	501	7,01	6,37	6,69
11		550	550	7,76	5,23	6,50	554	7,80	7,03	7,42
		571,2	574,8	8,0	5,5	6,7	573,6	8,0	7,3	7,6
12		600	603	8,33	5,75	7,04	603	8,37	7,62	8,00
13		650	652	8,92	6,28	7,60	652	9,08	8,42	8,75
14		700	704	9,46	6,82	8,14	704	9,72	9,05	9,39
15		750	750	9,95	7,29	8,62	757	10,35	9,73	10,04
16		800	802	10,50	7,81	9,16	802	11,01	10,48	10,75
		816	819,3	10,7	7,9	9,3	819,0	11,1	10,7	10,9
17		850	855	11,07	8,27	9,67	851	11,52	11,14	11,33
18		900	904	11,62	8,75	10,19	904	12,20	11,77	11,99
19		950	957	12,10	9,27	10,69				
20		1000	1006	12,53	9,73	11,13				
21		1050								

Data= 01/07/2008

t=7' 2"

tr=17'

t=6' 44"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,48	0,38	0,43	53	0,77	0,38	0,58
87,3	0,73	0,74	0,73	87,3	1,37	0,81	1,09
102	0,84	0,89	0,87	102	1,62	1,00	1,31
151	1,20	1,48	1,34	151	2,56	1,55	2,06
200	1,48	2,02	1,75	203	3,45	2,12	2,79
256	1,82	2,64	2,23	252	4,34	2,61	3,48
301	2,14	3,13	2,64	301	5,17	3,19	4,18
350	2,51	3,71	3,11	350	5,90	3,73	4,82
403	2,85	4,28	3,57	403	6,71	4,33	5,52
409,9	2,9	4,4	3,6	411,5	6,8	4,5	5,6
427,5	3,05	4,55	3,80	429,5	7,09	4,70	5,89
452	3,24	4,81	4,03	456	7,46	5,07	6,27
501	3,57	5,34	4,46	505	8,12	5,67	6,90
550	3,91	5,84	4,88	554	8,79	6,33	7,56
573,6	4,1	6,1	5,1	577,6	9,2	6,7	7,9
603	4,31	6,38	5,35	607	9,59	7,11	8,35
652	4,70	6,86	5,78	652	10,22	7,67	8,95
701	5,02	7,31	6,17	701	10,87	8,40	9,64
750	5,40	7,81	6,61	750	11,61	9,07	10,34
802	5,82	8,36	7,09	806	12,29	9,69	10,99
816,7	5,9	8,5	7,2	816,7	12,5	9,9	11,2
851	6,23	8,90	7,57	851	12,90	10,33	11,62
900	6,59	9,33	7,96				
961	7,07	9,90					
1006	7,41	10,31					
1104	8,12	11,31					

AMOSTRA= CC2

Velocidade de ensaio=

5mm/min

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1		50	53	0,66	0,41	0,54	53	5,13	0,51	2,82
		85	87,3	1,19	0,65	0,92	89,4	5,98	0,92	3,45
2		100	102	1,42	0,75	1,09	105	6,34	1,10	3,72
3		150	151	2,02	1,11	1,57	154	7,19	1,69	4,44
4		200	203	2,67	1,53	2,10	200	8,15	2,32	5,24
5		250	256	3,32	2,05	2,69	252	9,20	2,98	6,09
6		300	301	3,82	2,47	3,15	301	10,10	3,61	6,86
7		350	354	4,31	3,03	3,67	350	11,05	4,27	7,66
8		400	403	4,81	3,53	4,17	403	11,90	5,00	8,45
		408	410,8	4,9	3,6	4,2	411,5	12,0	5,2	8,6
		425	427,5	5,05	3,79	4,42	429,5	12,33	5,43	8,88
9		450	452	5,28	4,05	4,67	456	12,75	5,86	9,31
10		500	505	5,77	4,54	5,16	501	13,54	6,54	10,04
11		550	550	6,26	5,08	5,67	550	14,61	7,23	10,92
		571,2	574,8	6,4	5,3	5,9	573,6	14,9	7,6	11,2
12		600	603	6,67	5,64	6,16	603	15,39	7,96	11,68
13		650	652	7,22	6,15	6,69	656	16,31	8,85	12,58
14		700	704	7,70	6,64	7,17	704	17,22	9,54	13,38
15		750	750	8,15	7,05	7,60	750	18,14	10,29	14,22
16		800	810	8,73	7,70	8,22	802	19,05	10,96	15,01
		816	819,3	8,9	7,8	8,3	816,7	19,4	11,2	15,3
17		850	855	9,23	8,15	8,69	851	20,02	11,65	15,84
18		900	900	11,62	8,55	10,09				
19		950	957	12,10	9,18	10,64				
20		1000	1002	12,53	9,54	11,04				
21		1050								

Data=

01/07/2008

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,70	0,49	0,60	53	1,21	0,13	0,67
89,4	1,23	0,78	1,00	87,3	2,08	0,56	1,32
105	1,46	0,90	1,18	102	2,45	0,75	1,60
154	2,40	1,37	1,89	151	3,61	1,58	2,60
200	2,66	1,77	2,22	200	4,68	2,26	3,47
256	2,92	2,32	2,62	252	5,69	3,11	4,40
301	3,88	2,70	3,29	305	6,64	3,98	5,31
354	4,45	3,17	3,81	350	7,49	4,63	6,06
403	5,02	3,65	4,34	411	8,59	5,63	7,11
410,8	5,1	4,0	4,6	413,0	8,6	5,6	7,1
427,5	5,31	4,23	4,77	431,5	8,98	5,93	7,45
452	5,60	4,81	5,21	452	9,36	6,23	7,80
501	6,10	4,57	5,34	501	10,28	7,04	8,66
550	6,58	5,08	5,83	554	11,15	7,90	9,53
573,6	6,9	5,3	6,1	573,6	11,5	8,2	9,9
603	7,23	5,54	6,39	603	12,06	8,73	10,40
652	7,73	5,98	6,86	652	12,90	9,43	11,17
701	8,25	6,41	7,33	701	13,68	10,20	11,94
753	8,82	6,88	7,85	750	14,52	10,85	12,69
802	9,37	7,31	8,34	802	15,49	11,55	13,52
817,7	9,6	7,5	8,5	816,7	15,6	11,7	13,7
851	9,96	7,79	8,88	851	16,23	12,19	14,21
900	10,46	8,21	9,34				
957	11,12	8,70					
1006	11,64	10,31					

AMOSTRA= CC3

Velocidade de ensaio=

5mm/min

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Houve falha na face 1, a carga aumentou de 850 para 1050	50	53	0,48	0,20	0,34	57	1,08	0,53	0,81
		85	87,3	0,77	0,59	0,68	88,5	1,65	0,96	1,31
2		100	102	0,89	0,75	0,82	102	1,90	1,14	1,52
3		150	151	1,32	1,19	1,26	151	2,76	1,78	2,27
4		200	203	1,75	1,65	1,70	203	3,42	2,40	2,91
5		250	252	2,28	2,12	2,20	252	4,15	3,15	3,65
6		300	309	2,79	2,73	2,76	301	4,88	3,79	4,34
7		350	350	3,18	3,09	3,14	350	5,68	4,54	5,11
8		400	403	3,67	3,67	3,67	403	6,42	5,22	5,82
		408	411,5	3,8	3,8	3,8	409,9	6,5	5,3	5,9
		425	429,5	3,95	3,97	3,96	427,5	6,76	5,54	6,15
9		450	456	4,23	4,26	4,25	452	7,10	5,86	6,48
10		500	501	4,69	4,58	4,64	501	7,78	6,53	7,16
11		550	550	5,15	4,84	5,00	554	8,57	7,32	7,95
		571,2	573,6	5,4	5,1	5,3	573,6	8,8	7,5	8,2
12		600	603	5,66	5,36	5,51	603	9,26	7,91	8,59
13		650	659	6,17	5,90	6,04	652	10,03	8,55	9,29
14		700	704	6,63	6,30	6,47	701	10,77	9,23	10,00
15		750	750	7,10	6,73	6,92	757	11,58	9,94	10,76
16		800	806	7,61	7,19	7,40	806	12,37	10,48	11,43
		816	819,3	7,6	7,2	7,4	819,0	12,6	10,7	11,7
17		850	855	7,92	7,48	7,70	851	13,20	11,10	12,15
18		900								
19		950								
20		1000								
21		1050								

Data=

01/07/2008

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
57	0,82	0,57	0,70	53	0,81	0,39	0,60
90,6	1,27	0,82	1,05	87,3	1,58	0,81	1,20
105	1,46	0,93	1,20	102	1,91	0,99	1,45
154	2,23	1,43	1,83	151	2,96	1,57	2,27
200	2,79	1,82	2,31	207	3,96	2,17	3,07
252	3,51	2,32	2,92	256	4,87	2,81	3,84
309	4,24	2,88	3,56	301	5,75	3,35	4,55
350	4,76	3,31	4,04	350	6,48	4,09	5,29
407	5,40	3,84	4,62	403	7,38	4,94	6,16
411,5	5,5	3,9	4,7	411,5	7,5	5,0	6,2
429,5	5,69	4,09	4,89	429,5	7,79	5,27	6,53
452	5,97	4,33	5,15	456	8,19	5,59	6,89
509	6,58	4,79	5,69	501	8,98	6,43	7,71
554	7,22	5,28	6,25	550	9,68	7,07	8,38
575,9	7,4	5,5	6,5	573,6	10,1	7,4	8,7
603	7,80	5,74	6,77	603	10,50	7,84	9,17
652	8,40	6,16	7,28	652	11,36	8,51	9,94
701	8,99	6,57	7,78	701	12,14	9,03	10,59
750	9,67	7,18	8,43	750	12,87	9,69	11,28
802	10,22	7,63	8,93	806	13,82	10,35	12,09
819,3	10,5	7,8	9,2	816,7	14,0	10,6	12,3
855	10,95	8,19	9,57	851	14,51	11,09	12,80
904	11,54	8,65	10,10				
953	12,05	9,09					
1002	12,55	9,52					
1066	12,87	9,77					

AMOSTRA= CC4

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=6'26"

t=7'56"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Rachadura na peça	50	53	0,72	0,15	0,44	53	0,71	0,46	0,59
		85	87,3	1,14	0,33	0,74	87,3	1,54	0,97	1,25
2		100	102	1,32	0,41	0,87	102	1,89	1,19	1,54
3		150	154	2,05	0,77	1,41	151	2,85	1,87	2,36
4		200	200	2,62	1,06	1,84	207	3,82	2,64	3,23
5		250	252	3,25	1,41	2,33	252	4,81	3,38	4,10
6		300	305	3,91	1,83	2,87	305	5,62	3,99	4,81
7		350	352	4,46	2,15	3,31	354	6,43	4,82	5,63
8		400	407	5,06	2,52	3,79	407	7,38	5,34	6,36
		408	411,9	5,1	2,6	3,9	412,4	7,5	5,4	6,4
		425	429,5	5,35	2,68	4,01	429,5	7,75	5,62	6,68
9		450	452	5,64	2,83	4,24	452	8,12	5,89	7,01
10		500	505	6,21	3,21	4,71	501	9,02	6,60	7,81
11		550	554	6,82	3,59	5,21	554	9,76	7,19	8,48
		571,2	574,8	7,1	3,8	5,4	576,5	10,1	7,5	8,8
12		600	603	7,39	3,97	5,68	607	10,55	7,89	9,22
13		650	652	7,99	4,37	6,18	652	11,24	8,51	9,88
14		700	701	8,53	4,70	6,62	708	11,85	9,22	10,54
15		750	753	9,21	5,09	7,15	753	12,55	9,82	11,19
16		800	806	9,79	5,41	7,60	806	13,31	10,59	11,95
		816	820,3	10,0	5,5	7,7	823,0	13,5	10,8	12,2
17		850	855	10,39	5,72	8,06	859	14,01	11,30	12,66
18		900	900	10,96	5,98					
19		950	957	11,61	6,37					
20		1000	1002	12,11	6,64					
21		1050								
22		1100								

Data= 01/07/2008

t=6'56"

tr=28'37"

t=6'58"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,62	0,45	0,54	53	0,87	0,53	0,70
89,4	0,96	0,72	0,84	89,4	1,47	0,94	1,20
105	1,10	0,83	0,97	105	1,72	1,12	1,42
151	1,61	1,28	1,45	151	2,61	1,67	2,14
200	2,10	1,73	1,92	207	3,39	2,28	2,84
252	2,59	2,17	2,38	256	4,21	3,06	3,64
309	3,08	2,61	2,85	301	4,91	3,71	4,31
354	3,51	2,99	3,25	350	5,65	4,43	5,04
403	3,92	3,38	3,65	407	6,43	5,19	5,81
413,9	4,0	3,5	3,7	411,5	6,5	5,3	5,9
431,5	4,17	3,60	3,88	429,5	6,77	5,52	6,15
460	4,42	3,81	4,12	452	7,11	5,85	6,48
501	4,79	4,13	4,46	509	7,86	6,65	7,26
554	5,20	4,49	4,85	554	8,49	7,24	7,87
573,6	5,4	4,6	5,0	578,8	8,9	7,6	8,2
603	5,64	4,81	5,23	607	9,27	8,00	8,64
652	6,10	5,24	5,67	652	9,95	8,62	9,29
704	6,54	5,59	6,07	701	10,68	9,24	9,96
750	6,98	5,95	6,47	753	11,46	9,94	10,70
810	7,51	6,39	6,95	806	12,18	10,52	11,35
821,9	7,6	6,5	7,0	823,0	12,4	10,7	11,6
859	7,95	6,73	7,34	859	12,95	11,12	12,04
900	8,39	7,01	7,70				
953	8,78	7,33					
1002	9,21	7,70					
1055	9,59	7,96					
1202	9,95	8,30					

AMOSTRA= CC6

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=7'46"

t=8'37"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Rachadura na zona de furos face 4	50	53	0,69	0,38	0,54	57	1,26	0,43	0,85
		85	87,3	1,17	0,65	0,91	88,5	2,04	0,91	1,48
2		100	102	1,38	0,77	1,08	102	2,38	1,11	1,75
3		150	151	2,06	1,18	1,62	151	3,61	1,82	2,72
4		200	200	2,71	1,57	2,14	200	4,51	2,32	3,42
5		250	252	3,35	1,97	2,66	252	5,48	2,88	4,18
6		300	301	3,85	2,31	3,08	301	6,35	3,45	4,90
7		350	354	4,55	2,76	3,66	350	7,35	4,32	5,84
8		400	403	5,06	3,14	4,10	403	8,33	5,02	6,68
		408	415,1	5,2	3,2	4,2	409,9	8,4	5,1	6,8
		425	433	5,37	3,38	4,37	427,5	8,76	5,32	7,04
9		450	463	5,67	3,62	4,65	452	9,19	5,62	7,41
10		500	505	6,11	3,98	5,05	509	10,08	6,32	8,20
11		550	550	6,55	4,45	5,50	550	10,91	6,95	8,93
		571,2	574,8	6,8	4,6	5,7	575,9	11,3	7,1	9,2
12		600	603	7,02	4,89	5,96	603	11,80	7,47	9,64
13		650	652	7,55	5,41	6,48	656	12,71	8,43	10,57
14		700	701	8,03	5,84	6,94	701	13,49	9,11	11,30
15		750	750	8,49	6,28	7,39	750	14,35	9,77	12,06
16		800	806	9,07	6,84	7,96	802	15,27	10,56	12,92
		816	816,7	9,2	6,9	8,0	816,7	15,5	10,7	13,1
17		850	851	9,51	7,24	8,38	851	16,03	11,18	13,61
18		900	900	9,98	7,70	8,84				
19		950	957	10,55	8,22	9,39				
20		1000	1089	10,81	8,41	9,61				
21		1050								
22		1100								
23		1150								
24		1200								
25		1250								

Data= 01/07/2008

t=7'56"

tr=20'56"

t=9'3"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,68	0,34	0,51	53	1,08	0,14	0,61
87,3	1,06	0,59	0,82	87,3	1,83	0,61	1,22
102	1,22	0,69	0,96	102	2,15	0,81	1,48
151	1,76	1,10	1,43	151	3,21	1,46	2,34
200	2,31	1,57	1,94	203	4,18	2,19	3,19
256	2,90	2,03	2,47	252	5,13	2,92	4,03
301	3,46	2,53	3,00	301	6,06	3,80	4,93
350	3,93	2,92	3,43	354	6,93	4,55	5,74
403	4,49	3,39	3,94	403	7,76	5,32	6,54
409,9	4,6	3,4	4,0	410,8	7,9	5,5	6,7
427,5	4,75	3,61	4,18	427,5	8,21	5,73	6,97
452	5,01	3,82	4,42	452	8,65	6,14	7,40
505	5,58	4,28	4,93	501	9,41	6,77	8,09
550	6,05	4,67	5,36	550	10,31	7,49	8,90
574,8	6,3	4,9	5,6	573,6	10,7	7,8	9,3
603	6,62	5,14	5,88	603	11,22	8,26	9,74
652	7,21	5,61	6,41	652	12,11	8,95	10,53
701	7,72	6,07	6,90	701	12,99	9,58	11,29
753	8,26	6,52	7,39	750	13,86	10,27	12,07
802	8,56	6,81	7,69	802	14,86	11,03	12,95
256,0	2,8	2,2	2,5	816,7	15,1	11,2	13,2
				851	15,77	11,68	13,73
953	9,09	7,22	8,16				
1002	9,67	7,69	8,68				
1051	10,21	8,07	9,14				
1104	10,75	8,25	9,50				
1160	11,32	8,61	9,97				
1206	11,81	9,05	10,43				
1254	12,41	9,60	11,01				

AMOSTRA= CC7

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=7' 26"

t=7' 56"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Rompeu em uma fenda já existente	50	53	0,59	0,54	0,57	57	0,78	0,78	0,78
		85	87,3	1,09	0,93	1,01	93,4	1,44	1,42	1,43
2		100	102	1,30	1,10	1,20	109	1,72	1,70	1,71
3		150	151	2,11	1,70	1,91	151	2,52	2,47	2,50
4		200	200	2,94	2,28	2,61	200	3,35	3,25	3,30
5		250	256	3,74	2,86	3,30	256	4,36	4,18	4,27
6		300	305	4,46	3,31	3,89	305	5,19	4,91	5,05
7		350	350	5,21	3,75	4,48	350	6,00	5,67	5,84
8		400	403	5,89	4,17	5,03	407	7,01	6,65	6,83
		408	411,5	6,0	4,3	5,1	411,5	7,1	6,7	6,9
		425	429,5	6,24	4,42	5,33	429,5	7,44	7,06	7,25
9		450	456	6,59	4,66	5,63	452	7,86	7,47	7,67
10		500	501	7,02	5,09	6,06	501	8,70	8,30	8,50
11		550	550	7,76	5,37	6,57	554	9,63	9,15	9,39
		571,2	578,6	8,1	5,6	6,9	573,6	10,0	9,5	9,7
12		600	610	8,51	5,87	7,19	603	10,51	9,94	10,23
13		650	652	9,07	6,24	7,66	656	11,37	10,68	11,03
14		700	701	9,66	6,61	8,14	704	12,34	11,58	11,96
15		750	750	10,32	7,04	8,68	750	13,21	12,34	12,78
16		800	802	10,97	7,51	9,24	802	14,17	13,23	13,70
		816	819,3	11,1	7,7	9,4	819,3	14,4	13,4	14,2
17		850	855	11,57	7,97	9,77	855	14,95	14,00	14,95
18		900	900	12,14	8,44	10,29				
19		950	953	12,73	9,05	10,89				
20		1000	1006	13,27	9,60	11,44				
21		1050								
22		1100								
23		1150								
24		1200								

Data= 01/07/2008

t=7' 43"

tr=14' 17"

t=8' 30"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,63	0,65	0,64	53	0,98	0,65	0,82
87,3	0,97	1,07	1,02	87,3	1,78	1,20	1,49
102	1,12	1,25	1,19	102	2,12	1,43	1,78
151	1,69	1,89	1,79	151	3,29	2,02	2,66
200	2,25	2,45	2,35	200	4,48	2,81	3,65
252	2,80	3,17	2,99	252	5,48	3,48	4,48
301	3,31	3,76	3,54	301	6,61	4,23	5,42
350	3,79	4,29	4,04	350	7,78	4,96	6,37
403	4,36	4,92	4,64	403	8,94	5,83	7,39
409,9	4,4	5,0	4,7	409,9	9,0	5,9	7,5
427,5	4,61	5,21	4,91	427,5	9,39	6,16	7,78
452	4,86	5,50	5,18	452	9,84	6,49	8,17
501	5,37	6,05	5,71	505	11,06	7,24	9,15
550	5,84	6,56	6,20	554	12,21	7,96	10,09
576,5	6,1	6,9	6,5	577,6	12,8	8,3	10,5
607	6,37	7,21	6,79	607	13,44	8,78	11,11
652	6,82	7,75	7,29	656	14,40	9,59	12,00
704	7,34	8,34	7,84	701	15,38	10,28	12,83
753	7,89	8,90	8,40	750	16,37	10,98	13,68
806	8,39	9,45	8,92	802	17,55	11,85	14,70
820,3	8,6	9,7	9,1	819,3	17,9	12,1	15,0
855	8,93	10,11	9,52	855	18,63	12,61	15,62
900	9,37	10,64	10,01				
957	9,92	11,27	10,60				
1002	10,43	11,78	11,11				
1062	10,83	12,24	11,54				
1202	11,23	12,71					

AMOSTRA= CC9

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=6' 20"

t=8'

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	rachadura face 2	50	53	0,60	0,35	0,48	53	0,98	0,73	0,86
		85	89,4	1,05	0,78	0,92	92,2	1,79	1,21	1,50
2		100	105	1,24	0,97	1,11	109	2,13	1,41	1,77
3		150	151	1,68	1,45	1,57	154	3,10	1,91	2,51
4		200	200	2,25	2,00	2,13	200	4,08	2,56	3,32
5		250	252	2,75	2,51	2,63	252	5,12	3,34	4,23
6		300	305	3,29	3,10	3,20	301	6,04	4,09	5,07
7		350	350	3,73	3,55	3,64	354	6,86	4,87	5,87
8		400	403	4,27	4,12	4,20	407	7,75	5,55	6,65
		408	411,5	4,3	4,2	4,3	413,9	7,9	5,7	6,8
		425	429,5	4,52	4,38	4,45	431,5	8,16	5,94	7,05
9		450	456	4,77	4,64	4,71	456	8,57	6,33	7,45
10		500	509	5,31	5,19	5,25	501	9,41	7,06	8,24
11		550	550	5,75	5,64	5,70	550	10,23	7,76	9,00
		571,2	578,8	6,0	5,9	6,0	573,6	10,6	8,1	9,3
12		600	607	6,30	6,17	6,24	603	11,04	8,47	9,76
13		650	652	6,71	6,56	6,64	659	12,09	9,48	10,79
14		700	701	7,24	7,08	7,16	701	12,81	10,16	11,49
15		750	750	7,76	7,59	7,68	753	13,76	10,91	12,34
16		800	806	8,24	8,12	8,18	806	14,67	11,66	13,17
		816	824,6	8,5	8,3	8,4	817,7	14,9	11,8	13,3
17		850	863	8,81	8,69	8,75	851	15,46	12,28	13,87
18		900	900	9,23	9,08	9,16				
19		950	953	9,68	9,65	9,67				
20		1000	1002	10,21	10,25	10,23				
21		1050								

Data= 01/07/2008

t=7' 20"

tr=24'20"

t=8' 10"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
57	0,81	0,01	0,41	53	0,92	0,17	0,55
88,5	1,25	0,11	0,68	89,4	1,75	0,63	1,19
102	1,44	0,15	0,80	105	2,11	0,82	1,47
151	2,13	0,53	1,33	151	2,96	1,34	2,15
203	2,82	0,85	1,84	200	4,01	2,21	3,11
256	3,46	1,21	2,34	256	5,13	2,87	4,00
305	4,07	1,61	2,84	305	6,02	3,72	4,87
350	4,61	1,97	3,29	350	7,00	4,38	5,69
407	5,30	2,46	3,88	403	8,03	5,07	6,55
411,5	5,3	2,5	3,9	409,9	8,1	5,2	6,7
429,5	5,56	2,63	4,09	427,5	8,48	5,40	6,94
452	5,81	2,79	4,30	452	8,92	5,73	7,33
503	6,39	3,16	4,78	501	9,91	6,47	8,19
550	6,89	3,50	5,20	550	10,78	7,15	8,97
574,2	7,2	3,7	5,4	578,6	11,2	7,5	9,4
603	7,46	3,89	5,68	610	11,72	7,97	9,85
656	8,06	4,30	6,18	652	12,45	8,57	10,51
704	8,55	4,65	6,60	701	13,30	9,20	11,25
750	9,07	5,13	7,10	750	14,13	9,69	11,91
806	9,66	5,66	7,66	802	15,00	10,51	12,76
816,7	9,8	5,7	7,7	819,3	15,3	10,8	13,0
851	10,11	6,01	8,06	855	15,86	11,32	13,59
900	10,65	6,50	8,58				
961	11,21	7,07	9,14				
1006	11,67	7,52	9,60				
1051	12,03	7,91	9,97				

AMOSTRA= CC11

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=6' 12"

t=9'41"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	rachadura face 2	50	53	0,61	0,60	0,61	53	1,86	0,28	1,07
		85	87,3	1,01	1,10	1,06	92,2	2,66	0,72	1,69
2		100	102	1,18	1,32	1,25	109	3,00	0,91	1,96
3		150	151	1,74	1,96	1,85	158	3,87	1,51	2,69
4		200	203	2,36	2,58	2,47	200	4,83	1,90	3,37
5		250	256	2,94	3,13	3,04	252	5,88	2,65	4,27
6		300	305	3,45	3,61	3,53	301	6,68	3,24	4,96
7		350	350	3,98	4,09	4,04	358	7,71	3,66	5,69
8		400	407	4,65	4,73	4,69	407	8,71	4,62	6,67
		408	413,0	4,7	4,8	4,7	413,3	8,8	4,6	6,7
		425	431,5	4,91	4,96	4,93	429,5	9,15	4,91	7,03
9		450	456	5,16	5,19	5,18	452	9,59	5,20	7,40
10		500	505	5,72	5,70	5,71	505	10,51	5,80	8,16
11		550	554	6,23	6,14	6,19	550	11,34	6,47	8,91
		571,2	574,8	6,5	6,2	6,4	577,6	11,8	6,7	9,3
12		600	603	6,81	6,44	6,63	607	12,28	7,12	9,70
13		650	652	7,27	6,88	7,08	652	13,12	7,64	10,38
14		700	704	7,81	7,40	7,61	704	14,11	8,38	11,25
15		750	750	8,30	7,85	8,08	750	14,94	8,96	11,95
16		800	802	8,85	8,36	8,61	802	15,85	9,60	12,73
		816	819,3	9,0	8,5	8,8	819,3	16,2	9,8	13,0
17		850	855	9,40	8,85	9,13	855	16,85	10,22	13,54
18		900	900	9,91	9,26	9,59				
19		950	953	10,49	9,74	10,12				
20		1000	1002	11,01	10,16	10,59				
21		1050								
22		1100								

Data= 01/07/2008

t=5'34"

tr=20'12"

t=8'16"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
57	0,86	0,22	0,54	53	2,43	0,55	1,49
93,4	1,40	0,52	0,96	92,2	3,20	1,05	2,12
109	1,63	0,65	1,14	109	3,53	1,26	2,40
151	2,17	1,01	1,59	154	4,47	2,01	3,24
203	3,00	1,50	2,25	200	5,39	2,83	4,11
260	3,73	1,93	2,83	252	6,21	3,58	4,90
301	4,31	2,29	3,30	301	7,08	4,39	5,74
354	4,89	2,64	3,77	350	8,02	5,15	6,59
403	5,61	3,10	4,36	403	8,88	5,90	7,39
410,8	5,7	3,1	4,4	409,9	9,0	6,0	7,5
427,5	5,88	3,28	4,58	427,5	9,35	6,29	7,82
452	6,15	3,45	4,80	452	9,82	6,67	8,25
505	6,81	3,85	5,33	501	10,67	7,32	9,00
550	7,48	4,23	5,86	550	11,54	8,05	9,80
574,8	7,7	4,4	6,0	573,6	12,0	8,4	10,2
603	8,05	4,56	6,31	603	12,49	8,86	10,68
652	8,71	4,89	6,80	652	13,13	9,52	11,33
704	9,29	5,19	7,24	701	14,33	10,35	12,34
753	9,96	5,54	7,75	750	15,18	10,98	13,08
802	10,61	5,90	8,26	806	16,29	11,84	14,07
820,3	10,8	6,0	8,4	816,7	16,4	11,9	14,2
855	11,25	6,28	8,77	851	17,05	12,44	14,75
900	11,85	6,62	9,24				
961	12,64	7,08					
1002	13,12	7,38					
1059	13,68	7,76					
1108	14,31	8,06					

AMOSTRA= CC12

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=5'52"

t=7'10"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	rachadura face 4	50	53	0,48	0,35	0,42	57	1,02	0,33	0,68
		85	87,3	1,00	0,58	0,79	88,5	1,69	0,58	1,13
2	torção no eixo causando deslocamento	100	102	1,22	0,68	0,95	102	1,97	0,68	1,33
3	em y	150	154	1,88	0,97	1,43	151	2,51	1,10	1,81
4		200	207	2,46	1,34	1,90	207	3,35	1,70	2,53
5		250	252	3,03	1,73	2,38	252	4,08	2,18	3,13
6		300	305	3,59	2,13	2,86	301	4,81	2,71	3,76
7		350	354	4,15	2,51	3,33	350	5,52	3,27	4,40
8		400	403	4,65	2,92	3,79	403	6,33	3,85	5,09
		408	410,8	4,7	3,0	3,8	411,5	6,4	3,8	5,1
		425	427,5	4,89	3,10	3,99	429,5	6,63	4,02	5,32
9		450	452	5,12	3,27	4,20	456	6,92	4,18	5,55
10		500	501	5,61	3,61	4,61	505	7,58	4,72	6,15
11		550	558	6,21	4,04	5,13	550	8,18	5,12	6,65
		571,2	576,5	6,4	4,1	5,3	574,8	8,5	5,4	6,9
12		600	607	6,76	4,36	5,56	603	8,83	5,67	7,25
13		650	652	7,29	4,68	5,99	652	9,61	6,33	7,97
14		700	708	7,83	5,08	6,46	701	10,20	6,87	8,54
15		750	750	8,25	5,38	6,82	753	10,83	7,49	9,16
16		800	802	8,81	5,74	7,28	802	11,57	8,05	9,81
		816	816,7	9,0	5,8	7,4	817,7	11,7	8,2	9,9
17		850	851	9,34	6,07	7,71	851	12,12	8,58	10,35
18		900	904	9,91	6,45	8,18				
19		950	961	10,40	6,86	8,63				
20		1000	1002	10,86	7,23	9,05				
21		1050								
22		1100								

Data= 01/07/2008

t=6'37"

tr=27'

t=6'52"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,69	0,04	0,37	53	0,85	0,28	0,57
87,3	1,15	0,10	0,62	87,3	1,42	0,61	1,01
102	1,34	0,13	0,74	102	1,66	0,75	1,21
154	1,93	0,47	1,20	151	2,58	1,29	1,94
207	2,45	0,73	1,59	203	3,40	1,81	2,61
256	2,97	1,02	2,00	252	4,27	2,35	3,31
305	3,47	1,36	2,42	301	4,97	2,87	3,92
350	3,95	1,70	2,83	350	5,69	3,52	4,61
407	4,54	2,07	3,31	403	6,49	4,18	5,34
411,5	4,6	2,1	3,4	409,9	6,6	4,3	5,4
429,5	4,79	2,24	3,51	427,5	6,83	4,47	5,65
452	5,04	2,40	3,72	452	7,16	4,76	5,96
501	5,57	2,74	4,16	501	7,77	5,34	6,56
554	6,21	3,06	4,64	554	8,55	6,00	7,28
578,6	6,4	3,2	4,8	578,6	8,8	6,2	7,5
610	6,68	3,37	5,03	610	9,28	6,60	7,94
656	7,22	3,66	5,44	652	9,82	7,09	8,46
704	7,70	3,97	5,84	701	10,57	7,72	9,15
753	8,15	4,32	6,24	753	11,26	8,28	9,77
802	8,63	4,68	6,66	802	11,93	8,90	10,42
817,7	8,8	4,8	6,8	825,6	12,3	9,1	10,7
851	9,07	5,04	7,06	863	12,85	9,58	11,22
904	9,54	5,39	7,47				
953	10,00	5,78	7,89				
1006	10,48	6,22	8,35				
1051	10,80	6,49	8,65				

AMOSTRA= EC1

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=8'17"

t=8'16"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Estalos na face 2 e 4	50	53	0,51	0,34	0,425	53	1,03	0,83	0,93
		85	89,4	0,98	0,68	0,83	87,3	1,66	1,43	1,55
2	rachadura na face 2	100	105	1,18	0,82	1	102	1,93	1,69	1,81
3		150	154	1,68	1,18	1,43	151	2,81	2,51	2,66
4		200	200	2,31	1,62	1,965	200	3,61	3,24	3,425
5		250	252	2,85	2,02	2,435	252	4,56	4,07	4,315
6		300	309	3,41	2,44	2,925	301	5,42	4,78	5,1
7		350	358	4,03	2,86	3,445	350	6,22	5,41	5,815
8		400	403	4,57	3,22	3,895	403	7,1	6,11	6,605
		408	411,7	4,7	3,3	4,0	409,9	7,2	6,2	6,7
		425	427,5	4,87	3,38	4,12	427,5	7,53	6,45	6,99
9		450	452	5,16	3,53	4,345	452	7,95	6,78	7,365
10		500	501	5,8	3,89	4,845	501	8,77	7,44	8,105
11		550	550	6,39	4,21	5,3	550	9,64	8,12	8,88
		571,2	576,5	6,7	4,4	5,5	576,5	10,0	8,4	9,2
12		600	607	7,07	4,6	5,835	607	10,53	8,85	9,69
13		650	652	7,67	4,9	6,285	652	11,25	9,48	10,365
14		700	701	8,25	5,21	6,73	701	12,1	10,18	11,14
15		750	750	8,86	5,52	7,19	753	12,94	10,89	11,915
16		800	806	9,48	5,93	7,705	802	13,66	11,51	12,585
		816	816,7	9,6	6,0	7,8	838,1	13,7	11,5	12,6
17		850	851	10	6,3	8,15	882	14,03	11,82	12,925
18		900	908	10,61	6,75	8,68				
19		950	953	11,09	7,14	9,115				
20		1000	1002	11,59	7,56	9,575				
21		1050								
22		1100								

Data= 01/07/2008

t=6'59"

tr=29'30"

t=6'52"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
57	0,56	0,40	0,48	53	0,71	0,33	0,52
88,5	1,02	0,72	0,87	87,3	1,42	0,81	1,12
102	1,21	0,85	1,03	102	1,73	1,01	1,37
154	2,02	1,46	1,74	151	2,59	1,54	2,065
200	2,67	1,75	2,21	200	3,59	2,2	2,895
252	3,43	2,07	2,75	252	4,52	2,8	3,66
305	4,24	2,46	3,35	301	5,47	3,47	4,47
358	5,11	3,06	4,085	350	6,22	4,17	5,195
403	5,74	3,46	4,6	403	7,15	3,93	5,54
413,3	5,9	3,6	4,7	411,5	7,3	4,2	5,7
429,5	6,13	3,74	4,93	429,5	7,56	4,23	5,89
456	6,51	4,02	5,265	456	7,96	4,53	6,245
501	7,08	4,42	5,75	501	8,78	5,17	6,975
550	7,74	4,93	6,335	550	9,61	5,76	7,685
573,6	8,0	5,1	6,6	573,6	10,0	6,0	8,0
603	8,35	5,40	6,875	603	10,52	6,32	8,42
652	8,89	5,81	7,35	652	11,39	7,06	9,225
708	9,5	5,66	7,58	704	12,18	7,73	9,955
750	9,97	5,98	7,975	750	12,99	8,4	10,695
802	10,59	6,49	8,54	802	13,83	9,12	11,475
816,7	10,8	6,6	8,7	819,3	14,1	9,4	11,7
851	11,17	6,97	9,07	855	14,68	9,88	12,28
900	11,51	7,21	9,36				
1055	12,01	7,72					

AMOSTRA= EC4

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=8'47"

t=9'37"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Estalos durante teste na face 2	50	53	0,2	0,48	0,34	53	0,83	0,66	0,745
		85	92,2	0,47	0,95	0,71	87,3	1,63	1,27	1,45
2	aparentemente causado por um nó	100	109	0,59	1,15	0,87	102	1,97	1,53	1,75
3	Rompimento em rachadura, 1700 Kgf	150	151	1,08	1,73	1,405	151	3,28	2,3	2,79
4		200	203	1,53	2,25	1,89	200	4,42	3,05	3,735
5		250	252	2,09	2,85	2,47	256	5,72	4,07	4,895
6		300	301	2,57	3,34	2,955	301	6,76	4,49	5,625
7		350	350	3,1	3,82	3,46	350	7,87	5,21	6,54
8		400	403	3,7	4,39	4,045	403	9,06	5,99	7,525
		408	409,9	3,8	4,4	4,1	409,9	9,2	6,1	7,7
		425	427,5	3,97	4,61	4,29	427,5	9,63	6,35	7,99
9		450	452	4,23	4,83	4,53	452	10,2	6,7	8,45
10		500	501	4,78	5,32	5,05	505	11,32	7,44	9,38
11		550	550	5,41	5,79	5,6	550	12,51	8,23	10,37
		571,2	576,5	5,7	6,1	5,9	574,8	12,9	8,5	10,7
12		600	607	6,03	6,38	6,205	603	13,57	8,91	11,24
13		650	656	6,57	6,9	6,735	651	14,72	9,81	12,265
14		700	708	7,17	7,45	7,31	701	15,79	10,62	13,205
15		750	753	7,79	8,01	7,9	750	16,88	11,4	14,14
16		800	806	8,4	8,56	8,48	802	17,91	12,2	15,055
		816	820,3	8,6	8,7	8,7	816,7	18,2	12,4	15,3
17		850	855	9,01	9,13	9,07	851	18,91	12,94	15,925
18		900	904	9,56	9,62	9,59				
19		950	953	10,18	10,15	10,165				
20		1000	1002	10,76	10,64	10,7				
21		1050								

Data= 01/07/2008

t=8'8"

tr=22'17"

t=10'02"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,94	0,43	0,685	53	0,88	0,1	0,49
87,3	1,61	0,79	1,20	89,4	1,55	0,95	1,25
102	1,89	0,94	1,415	105	1,84	1,31	1,575
151	3	1,45	2,225	151	2,7	2,23	2,465
200	3,89	1,79	2,84	203	3,7	3,32	3,51
252	4,8	2,37	3,585	252	4,57	4,27	4,42
309	5,68	2,86	4,27	301	5,51	5,21	5,36
350	6,46	3,24	4,85	354	6,52	6,2	6,36
403	7,25	3,73	5,49	407	7,49	7,18	7,335
409,9	7,4	3,8	5,6	413,9	7,6	7,3	7,5
427,5	7,65	3,96	5,80	431,5	7,96	7,64	7,80
452	8,05	4,18	6,115	456	8,43	8,09	8,26
501	8,89	4,74	6,815	505	9,27	9,01	9,14
554	9,62	5,30	7,46	554	10,11	9,67	9,89
573,6	10,0	5,6	7,8	574,8	10,5	10,1	10,3
603	10,46	5,95	8,205	603	10,96	10,51	10,735
652	11,09	6,45	8,77	656	11,94	11,34	11,64
704	11,84	6,97	9,405	704	12,8	12,23	12,515
750	12,62	7,49	10,055	750	13,63	13,14	13,385
802	13,3	7,95	10,625	802	14,51	14,14	14,325
816,7	13,6	8,1	10,8	819,3	14,9	14,4	14,6
851	14,03	8,41	11,22	855	15,53	15,03	15,28
900	14,84	9,01	11,925				
957	15,66	9,57	12,615				
1002	16,3	10,12	13,21				

AMOSTRA= EC6

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=11'17"

t=14'30"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	estalos na face 4, 452Kgf	50	60	1,30	0,95	1,13	53	1,68	1,04	1,36
		85	91,5	1,97	1,48	1,72	87,3	2,91	2,20	2,56
2	rachaduras na peça	100	105	2,25	1,71	1,98	102	3,44	2,70	3,07
3		150	151	3,28	2,51	2,90	151	4,79	3,96	4,38
4		200	200	4,41	3,30	3,86	200	6,44	5,39	5,92
5		250	252	5,51	4,07	4,79	252	8,03	6,93	7,48
6		300	305	6,52	4,92	5,72	305	9,47	8,28	8,88
7		350	350	7,45	5,66	6,56	350	10,90	9,64	10,27
8		400	403	8,49	6,50	7,50	403	12,58	11,07	11,83
		408	409,9	8,6	6,6	7,6	409,9	12,8	11,4	12,1
		425	427,5	8,97	6,87	7,92	427,5	13,33	11,88	12,60
9		450	452	9,44	7,24	8,34	452	14,07	12,69	13,38
10		500	501	10,47	8,07	9,27	501	15,80	14,12	14,96
11		550	554	11,51	8,91	10,21	550	17,48	15,62	16,55
		571,2	573,6	11,9	9,2	10,5	573,6	18,4	16,5	17,4
12		600	603	12,42	9,65	11,04	603	19,41	17,50	18,46
13		650	652	13,37	10,45	11,91	656	21,37	19,28	20,33
14		700	701	14,31	11,24	12,78	708	23,17	21,11	22,14
15		750	750	15,24	12,05	13,65	750	24,91	22,33	23,62
16		800	802	16,29	12,97	14,63	802	26,88	23,80	25,34
		816	816,7	16,6	13,2	14,9	816,7	27,5	24,7	26,1
17		850	851	17,27	13,77	15,52	851	28,86	25,85	27,36
18		900	904	18,35	14,59	16,47				
19		950	953	19,49	15,48	17,49				
20		1000	1002	20,54	16,32	18,43				
21		1050								

Data= 01/07/2008

t=10'56"

tr=29'45"

t=13' 10"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	0,87	0,49	0,68	53	1,65	1,11	1,38
89,4	1,71	0,97	1,34	87,3	2,88	2,16	2,52
105	2,07	1,18	1,63	102	3,41	2,61	3,01
151	3,21	1,79	2,50	151	5,01	4,17	4,59
200	4,27	2,52	3,40	200	6,52	5,29	5,91
252	5,17	3,39	4,28	252	8,10	6,88	7,49
301	6,05	4,11	5,08	301	9,53	8,25	8,89
354	7,03	4,99	6,01	350	10,94	9,61	10,28
407	7,89	5,74	6,82	403	12,58	11,23	11,91
412,4	8,1	5,9	7,0	409,9	12,8	11,4	12,1
429,5	8,39	6,19	7,29	427,5	13,36	11,93	12,65
452	8,89	6,64	7,77	452	14,14	12,63	13,39
501	9,74	7,41	8,58	509	15,95	14,15	15,05
550	10,60	8,23	9,42	550	16,96	15,25	16,11
573,6	11,0	8,6	9,8	578,8	18,1	16,1	17,1
603	11,49	9,03	10,26	607	18,94	16,83	17,89
652	12,42	9,79	11,11	652	20,55	18,35	19,45
701	13,39	10,55	11,97	704	22,20	19,95	21,08
753	14,41	11,38	12,90	750	23,84	21,57	22,71
806	15,57	12,18	13,88	806	25,76	23,41	24,59
817,7	15,8	12,4	14,1	816,7	26,3	23,8	25,0
851	16,46	12,93	14,70	851	27,50	24,88	26,19
900	17,57	13,78	15,68				
957	18,55	14,57	16,56				
1002	19,56	15,37	17,47				

AMOSTRA= EC7

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=7'14"

t=8'27"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	peça encaçada face 2	50	57	0,71	0,30	0,51	54	0,80	0,65	0,73
		85	88,5	1,01	0,52	0,76	87,6	1,33	1,16	1,25
2		100	102	1,14	0,61	0,88	102	1,56	1,38	1,47
3		150	151	1,65	1,01	1,33	151	2,39	2,22	2,31
4		200	200	2,12	1,37	1,75	200	3,35	3,10	3,23
5		250	252	2,61	1,75	2,18	256	4,25	3,91	4,08
6		300	305	3,09	2,27	2,68	305	4,95	4,54	4,75
7		350	350	3,53	2,51	3,02	350	5,71	5,21	5,46
8		400	407	4,00	2,97	3,49	407	6,54	5,98	6,26
		408	413,0	4,1	3,0	3,5	411,5	6,6	6,1	6,4
		425	431,5	4,23	3,15	3,69	429,5	6,92	6,33	6,62
9		450	456	4,46	3,33	3,90	452	7,29	6,68	6,99
10		500	505	4,92	3,75	4,34	501	8,19	7,53	7,86
11		550	558	5,38	4,20	4,79	554	8,93	8,27	8,60
		571,2	574,8	5,6	4,3	5,0	573,6	9,3	8,6	8,9
12		600	603	5,84	4,57	5,21	603	9,74	9,02	9,38
13		650	652	6,32	4,95	5,64	652	10,54	9,72	10,13
14		700	704	6,82	5,31	6,07	701	11,31	10,40	10,86
15		750	750	7,27	5,68	6,48	750	12,10	11,14	11,62
16		800	806	7,73	6,06	6,90	802	12,88	11,91	12,40
		816	816,7	7,9	6,2	7,0	816,7	13,1	12,2	12,7
17		850	851	8,20	6,43	7,32	851	13,66	12,71	13,19
18		900								
19		950								
20		1000	1006	8,53	6,68	7,61				

Data= 01/07/2008

t=6'52"

tr=13'18"

t=7'51"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
57	0,71	0,20	0,46	53	0,93	0,55	0,74
90,6	1,35	0,45	0,90	87,3	1,69	1,09	1,39
105	1,63	0,56	1,10	102	2,01	1,32	1,67
151	2,42	0,92	1,67	154	3,08	2,16	2,62
200	3,09	1,28	2,19	200	3,81	2,76	3,29
252	3,91	1,69	2,80	252	4,74	3,49	4,12
301	4,72	2,11	3,42	301	5,61	4,15	4,88
354	5,49	2,52	4,01	354	6,52	4,84	5,68
403	6,23	2,96	4,60	407	7,48	5,54	6,51
410,8	6,3	3,0	4,7	412,4	7,6	5,6	6,6
427,5	6,58	3,14	4,86	429,5	7,90	5,84	6,87
452	6,92	3,32	5,12	452	8,32	6,14	7,23
501	7,53	3,73	5,63	501	9,11	6,69	7,90
558	8,17	4,17	6,17	554	10,05	7,33	8,69
576,5	8,4	4,4	6,4	573,6	10,4	7,5	9,0
607	8,81	4,66	6,74	603	10,95	7,80	9,38
652	9,29	5,05	7,17	652	11,75	8,40	10,08
701	9,82	5,45	7,64	701	12,65	9,12	10,89
757	10,48	5,96	8,22	750	13,45	9,73	11,59
806	10,99	6,34	8,67	802	14,28	10,46	12,37
819,0	11,1	6,5	8,8	816,7	14,6	10,7	12,6
851	11,47	6,79	9,13	851	15,13	11,23	13,18
900	11,97	7,25	9,61				
953	12,51	7,78	10,15				
1002	13,00	8,20	10,60				

AMOSTRA= EC12

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=9'22"

t=14'20"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1	Tempo longo.	50	57	1,33	0,65	0,99	57	2,00	1,39	1,70
		85	90,6	2,23	1,16	1,69	88,5	3,34	2,24	2,79
2		100	105	2,61	1,38	2,00	102	3,91	2,60	3,26
3		150	154	3,96	2,10	3,03	151	5,92	3,83	4,88
4		200	200	5,12	2,88	4,00	200	7,48	4,97	6,23
5		250	252	6,22	3,70	4,96	252	9,27	6,42	7,85
6		300	301	7,33	4,50	5,92	301	11,00	7,91	9,46
7		350	350	8,31	5,37	6,84	354	12,47	9,43	10,95
8		400	403	9,29	6,25	7,77	403	14,06	10,60	12,33
		408	409,9	9,4	6,4	7,9	410,8	14,3	10,9	12,6
		425	427,5	9,76	6,68	8,22	427,5	14,81	11,28	13,05
9		450	452	10,22	7,10	8,66	452	15,56	11,96	13,76
10		500	501	11,22	8,03	9,63	505	17,25	13,42	15,34
11		550	550	12,19	8,89	10,54	550	18,73	14,69	16,71
		571,2	573,6	12,6	9,3	10,9	574,8	19,6	15,3	17,5
12		600	603	13,17	9,80	11,49	603	20,52	16,12	18,32
13		650	652	14,01	10,58	12,30	652	22,19	17,45	19,82
14		700	701	15,01	11,49	13,25	704	23,93	18,80	21,37
15		750	750	15,92	12,26	14,09	750	25,60	20,13	22,87
16		800	810	17,00	13,28	15,14	806	27,40	21,69	24,55
		816	816,7	17,2	13,4	15,3	816,7	27,9	22,1	25,0
17		850	851	17,87	14,02	15,95	851	29,01	23,15	26,08
18		900	904	19,00	14,99	17,00				
19		950	953	19,95	15,79	17,87				
20		1000	1006	21,00	16,69	18,85				

Data= 01/07/2008

t=11'15"

tr=26'31"

t=13'17"

Face 3				Face 4			
Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
53	1,23	0,60	0,92	52	1,86	1,33	1,60
89,4	2,22	1,20	1,71	87	3,20	2,51	2,86
105	2,64	1,46	2,05	102	3,78	3,01	3,40
151	3,74	2,29	3,02	151	5,55	4,52	5,04
207	4,98	3,20	4,09	203	7,33	6,04	6,69
256	6,11	4,12	5,12	256	9,15	7,59	8,37
305	7,08	4,96	6,02	301	10,96	9,22	10,09
350	8,03	5,77	6,90	350	12,59	10,59	11,59
407	9,03	6,69	7,86	403	14,53	12,04	13,29
411,5	9,1	6,8	7,9	409,9	14,8	12,2	13,5
429,5	9,45	7,07	8,26	427,5	15,39	12,72	14,06
452	9,86	7,45	8,66	452	16,25	13,40	14,83
505	10,78	8,41	9,60	501	17,92	14,74	16,33
554	11,65	9,33	10,49	550	19,44	16,21	17,83
574,8	12,1	9,7	10,9	573,6	20,2	17,0	18,6
603	12,60	10,24	11,42	603	21,11	17,95	19,53
652	13,41	11,04	12,23	655	22,63	19,50	21,07
704	14,51	11,86	13,19	701	24,16	20,81	22,49
750	15,35	12,54	13,95	753	25,67	22,24	23,96
806	16,49	13,49	14,99	802	27,23	23,64	25,44
819,3	16,7	13,7	15,2	817,7	27,7	24,0	25,9
855	17,42	14,31	15,87	851	28,74	24,98	26,86
900	18,30	15,05	16,68				
953	19,29	15,93	17,61				
1002	20,26	16,76	18,51				

AMOSTRA= ED8

Velocidade de ensaio=

5mm/min

t=8'46"

t=9'46"

I	Anotações	Carga Nominal (Kgf)	Face 1				Face 2			
			Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)	Carga (Kgf)	Def 1 (mm)	Def 2 (mm)	Média (mm)
1		50	57	1,22	0,38	0,8	53	0,93	0,75	0,84
		85	88,5	1,79	0,65	1,22	87,3	1,60	1,41	1,50
2		100	102	2,03	0,76	1,395	102	1,88	1,69	1,785
3		150	151	2,9	1,17	2,035	151	2,88	2,69	2,785
4		200	200	3,69	1,59	2,64	203	3,42	3,63	3,525
5		250	256	4,58	2,1	3,34	256	4,91	4,61	4,76
6		300	309	5,35	2,52	3,935	301	5,94	5,52	5,73
7		350	350	5,97	2,91	4,44	354	7,01	6,38	6,695
8		400	403	6,63	3,47	5,05	407	7,99	7,02	7,505
		408	411,5	6,7	3,5	5,1	412,4	8,2	7,2	7,7
		425	429,5	6,96	3,72	5,34	429,5	8,49	7,47	7,98
9		450	456	7,28	3,97	5,625	452	8,99	7,92	8,455
10		500	501	7,95	4,44	6,195	501	9,92	8,68	9,3
11		550	550	8,58	4,9	6,74	550	10,9	9,51	10,205
		571,2	573,6	8,9	5,1	7,0	573,6	11,4	10,0	10,7
12		600	603	9,25	5,43	7,34	603	12,02	10,48	11,25
13		650	656	9,88	5,96	7,92	652	13,02	11,4	12,21
14		700	701	10,44	6,5	8,47	704	14,07	12,28	13,175
15		750	750	11,03	7,01	9,02	750	15,04	12,69	13,865
16		800	802	11,65	7,57	9,61	810	16,05	13,73	14,89
		816	819,3	11,9	7,8	9,8	816,7	16,3	13,9	15,1
17		850	855	12,3	8,16	10,23	851	16,96	14,52	15,74
18		900	908	12,88	8,63	10,755	900	18,02	15,4	
19		950	957	13,57	9,23	11,4				
20		1000	1002	13,96	9,56	11,76				

