

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

CARLITO CALIL NETO

LIGAÇÕES COM PARAFUSOS AUTO-ATARRAXANTES SEM PRÉ-FURAÇÃO
PARA USO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

São Carlos

2014

CARLITO CALIL NETO

LIGAÇÕES COM PARAFUSOS AUTO-ATARRAXANTES SEM PRÉ-FURAÇÃO
PARA USO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

VERSÃO CORRIGIDA

A versão original encontra-se na Escola de Engenharia de São Carlos

Texto apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Estruturas.

Orientador: Francisco Antonio Rocco Lahr

São Carlos
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

C1531 Calil Neto, Carlito
LIGAÇÕES COM PARAFUSOS AUTO-ATARRAXANTES SEM
PRÉ-FURAÇÃO PARA USO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA / Carlito
Calil Neto; orientador Francisco Antonio Rocco Lahr.
São Carlos, 2014.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Estruturas -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

1. Madeira. 2. Parafusos. 3. Auto-atarraxantes. 4.
pré-furação. 5. estrutural. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **CARLITO CALIL NETO**.

Título da tese: "Ligações com parafusos auto-atarraxantes sem pré-furação para uso em estruturas de madeira".

Data da defesa: 28/03/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **Francisco Antonio Rocco Lahr (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Francisco Antonio Romero Gesualdo**
(Universidade Federal de Uberlândia/UFU)

Aprovado

Prof. Dr. **Everaldo Pletz**
(Universidade Estadual de Londrina/UEL)

APROVADO

Prof. Associado **Juliano Fiorelli**
(Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/FZEA-USP)

APROVADO

Prof. Dr. **Ângela do Valle**
(Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC)

Aprovado

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
(Engenharia de Estruturas):

Profa. Associada **Ana Lucia Homce de Cresce El Debs**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

Il futuro di legno.

AGRADECIMENTOS

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

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

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

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

Ao meu orientador Francisco Antonio Rocco Lahr, que me ajudou todos os dias, não somente no desenvolvimento desse trabalho, mas também do meu doutorado e da minha vida.

À minha namorada Juliana Arena e sua família pelo amor recíproco e companheirismo de todas as horas.

Ao meu amigo de corredor do laboratório, Julio Molina, que me aguentou todos esses anos.

À Prof. Andrea Benedetti por me receber na Universidade de Bologna.

À empresa Rothoblaas, em especial ao Eng. Albino Angeli, Gabriela Lulich e Christian Lugarini, pelo apoio e fornecimento dos parafusos.

À empresa Ita Construtora em especial para meus amigos Daniel Salvatore e Hélio Olga, pelo acompanhamento e o fornecimento a este trabalho.

À empresa CAM – Catalão Artefatos de Madeira, em especial ao Marcelo Palmério pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos senhores Hans J. Blass e Max Closen por me ajudar a descobrir os mistérios dos parafusos auto-atarraxantes.

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

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

Aos meus amigos, colegas e companheiros de Rio Claro, São Carlos e Itapeva de A a Z de 1 a 299.

Ao Banco Santander pelo programa Santander de Mobilidade Internacional.

À FIPAI pela bolsa concedida.

RESUMO

CALIL NETO, C. (2014). *Ligações com Parafusos Auto-Atarraxantes sem Pré-Furação para uso em Estruturas de Madeira*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

A madeira é um material estrutural de fonte renovável, com alta relação resistência/peso, baixo consumo energético de produção, sequestra e armazena carbono em sua produção. A aplicação da madeira como material de construção civil é fundamental, pois além de ter qualidades muito especiais como matéria prima para outros produtos industrializados na construção de residências ou em obras de grande porte como pontes e passarelas, vem sendo utilizada amplamente em coberturas para edifícios industriais/comerciais. Comercialmente, existem limitações do comprimento das peças de madeira, fruto de sua extração de troncos de árvores, requerendo assim a adoção de elementos de ligação das peças estruturais. Uma das mais recentes alternativas para as ligações com elementos estruturais de madeira é a utilização de parafusos auto-atarraxantes solicitados por esforços que podem ser laterais e axiais, de cisalhamento, tração ou compressão. Considerando que no Brasil ainda não existe, e com o mercado futuro promissor, este trabalho tem por finalidade realizar um estudo teórico, numérico e experimental das ligações com parafusos auto-atarraxantes com diâmetros de 9 mm e 11 mm e espécies de reflorestamento de *Pinus Oocarpa* e *Lyptus*®, com a finalidade de propor os critérios de dimensionamento para estas ligações. Os resultados obtidos mostram que os ângulos de 45° entre a força aplicada e a posição de penetração do parafuso conduz aos melhores valores de resistência e rigidez das ligações. Além disto, com base na experimentação realizada, conclui-se que o critério proposto pelo EuroCode5 se mostra adequado para o dimensionamento das citadas ligações.

Palavra-chave: Parafusos Auto-atarraxantes; pré-furação; estrutural.

ABSTRACT

CALIL NETO, C. (2014). Connection with Self-tapping Screws without pre-drilling for use in wooden structures. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

Wood is a renewable source of structural material with high relative strength / weight, low energy production, kidnaps and stores carbon in its production. The use of wood as a construction material is critical because besides having very special qualities as raw material for other industrialized in building homes or large works such as bridges and walkways, product has been widely used in roofing for industrial buildings and commercial buildings. Commercially there are limitations on the length of the wood, resulting from the extraction of trees, thus requiring the adoption of binding elements of the structural parts. One of the newest alternatives for connections with wooden structural elements is to use self-tapping screws requested by efforts that may be lateral and axial, shear, tensile or compressive. Whereas in Brazil does not yet exist and the promising future market, this study aims to make a theoretical, numerical and experimental study of connections with self tapping screws with diameters of 9 mm and 11 mm and two species of reforestation *Pinus oocarpa* and *Lyptus*®, in order to offer a criteria for these connections. The results obtained show that the 45° angle between the applied force and the position of the screw penetration leads to a better strength values and stiffness. Besides this, based on experiments conducted, it has concluded that the criteria proposed by Eurocode5 prove suitable for this type of connection.

Key Words: screw, self-tapping; pre drilling; structural.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|-----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 17 |
| 2 | OBJETIVO | 19 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 20 |
| 3.1 | A madeira na construção | 20 |
| 3.1.1 | A madeira de reflorestamento | 21 |
| 3.1.2 | A madeira de pinus..... | 24 |
| 3.1.3 | A madeira de eucalipto..... | 27 |
| 3.1.4 | Pinus oocarpa..... | 28 |
| 3.1.5 | Lyptus | 28 |
| 3.1.6 | Madeira laminada colada | 29 |
| 3.2 | Ligações..... | 30 |
| 3.3 | Os parafusos auto-atarraxantes | 48 |
| 3.4 | A normalização dos parafusos auto-atarraxantes | 68 |
| 3.5 | Análise numérica..... | 74 |
| 3.6 | Considerações finais..... | 74 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 75 |
| 4.1 | Preparação dos corpos de prova..... | 83 |
| 5 | RESULTADOS DOS ENSAIOS ESTÁTICOS | 86 |
| 5.1 | Ensaio com parafuso de 9mm com a fibra na vertical..... | 86 |
| 5.2 | Ensaio com parafuso de 11mm com a fibra na vertical..... | 92 |
| 5.3 | Ensaio com parafuso de 9 mm com a fibra na horizontal | 98 |
| 5.4 | Ensaio com parafuso de 11 mm com a fibra na horizontal | 104 |
| 5.5 | Resumo dos resultados dos ensaios estáticos | 110 |
| 6 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 112 |
| 7 | NORMALIZAÇÃO..... | 118 |

| | | |
|------|---|-----|
| 8 | DISCUSSÃO..... | 131 |
| 9 | ANÁLISE NUMÉRICA..... | 133 |
| 9.1 | Elementos finitos utilizados..... | 133 |
| 9.2 | Elemento solid45..... | 133 |
| 9.3 | Elementos conta173 e targe170..... | 134 |
| 9.4 | Definição da malha de elementos finitos..... | 135 |
| 9.5 | Aço dos conectores..... | 141 |
| 9.6 | Características dos elementos de contato..... | 141 |
| 9.7 | Condições de carregamento e vinculações..... | 142 |
| 9.8 | Caracterização do material..... | 144 |
| 9.9 | Resultados – análise numérica..... | 146 |
| 10 | DISCUSSÃO..... | 150 |
| 11 | CONCLUSÕES..... | 152 |
| 12 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 154 |
| 13 | APÊNDICE A..... | 159 |
| 13.1 | Ensaio com parafuso de 9 mm horizontal..... | 159 |
| 13.2 | Ensaio com parafuso de 11 mm na horizontal..... | 169 |
| 13.3 | Ensaio com parafuso de 9 mm na vertical..... | 179 |
| 13.4 | Ensaio com parafuso de 11 mm na vertical..... | 189 |
| 14 | APÊNDICE B..... | 200 |
| 15 | APÊNDICE C..... | 211 |
| 16 | APÊNDICE D – SCRIPTS UTILIZADOS PARA O MODELO RETO..... | 212 |
| 17 | APÊNDICE E – SCRIPTS UTILIZADOS PARA O MODELO X..... | 234 |

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material estrutural de fonte renovável, com alta relação resistência/peso, baixo consumo energético de produção, sequestra e armazena carbono em sua produção. A aplicação da madeira como material de construção civil é fundamental, pois além de ter qualidades muito especiais como matéria prima para outros produtos industrializados na construção de residências, ou em obras de grande porte como pontes, ela vem sendo utilizada amplamente em coberturas residenciais e comerciais. Comercialmente existem limitações do comprimento das peças de madeira, fruto de sua extração de troncos de arvores, requerendo assim a adoção de elementos de ligação das peças estruturais. Uma das mais recentes alternativas para as ligações com elementos estruturais de madeira é a utilização de parafusos auto-atarraxantes solicitados por esforços que podem ser laterais e axiais, de cisalhamento, tração ou compressão.

De acordo com Negrão e Faria (2009), os parafusos auto-atarraxantes para madeira ou produtos engenheirados de madeira são fabricados numa vasta gama de tipos e dimensões. Os mais comuns em aplicações estruturais são os de cabeça sextavada (*coach screws* ou *lag screws*) embora possam ser também de cabeça de embutir ou redonda. A aplicação mais comum é na fixação de aparelhos de apoio indireto (*joist-hangers*), em conjunção com pregos. A parte lisa do parafuso corresponde a cerca de 40% do seu comprimento total. Embora sejam produzidos numa diversidade de materiais, consoante as características específicas pretendidas, são mais comuns em aço inoxidável ou em aço comum com zincagem anti-corrosão. Os parafusos sextavados destinam-se especificamente a aplicação estrutural, com diâmetros que variam de 8 mm a 20 mm e comprimentos de até 300 mm. Os restantes são usados na fixação de elementos secundários ou não estruturais, situando-se o seu diâmetro na gama de 4 mm a 8 mm. O diâmetro nominal do parafuso corresponde ao do liso da espiga ou ao definido pelo limite exterior da rosca.



Figura 1- Parafusos Auto-atarraxantes.

Os parafusos auto-atarraxantes são introduzidos na madeira por rotação, imposta por uma chave de parafusos ou de porcas, consoante ao formato da cabeça.

Uma das vantagens dos parafusos, em relação aos pregos, é a da reversibilidade da ligação. Os parafusos podem ser removidos e reaplicados, praticamente sem perda de capacidade de resistência ao arrancamento. Existem várias normas de classificação de parafusos, mas são as ISO que apresentam maior aceitação, em nível mundial. A norma ISO 261:1998 – ISO *General Plan* numera a totalidade das dimensões previstas no plano de produção para aplicações gerais. A norma ISO 262:1998 – “General *porpose metric screw threads – Selected sizes of screws, bolts and nuts*” define, de entre a gama total de dimensões, um subconjunto de produção e especificações preferenciais. Além do diâmetro, o passo da rosca é o outro parâmetro que caracteriza o tipo de parafuso. Para alguns diâmetros, o plano de fábrica prevê uma produção de parafusos com passo diferente do normal. Para efeitos de especificações em projeto, tais parafusos serão identificados com a designação Mxx.yy, onde M é a designação genética para parafusos produzidos em conformidade com as normas ISO mencionadas, xx é o diâmetro, expresso em milímetros, e xx.yy é o diâmetro alternativo, quando existente (Negrão e Faria, 2009).

2 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é estabelecer a proposta de critérios de resistência e de aplicação de parafusos auto-atarraxantes do tipo sem pré-furação, a partir de ensaios com espécies de reflorestamento de *Pinus oocarpa*, e *Lyptus®*, abordar também uma análise numérica com base no Método dos Elementos Finitos com o software ANSYS e, assim, criar os subsídios necessários para a sua utilização nacional baseada em avaliações propostas por pesquisadores nacionais, internacionais e nas Normas: Brasileira NBR7190:1997; Europeias EN 26891 – 1983, EN 28970 – 1991 e EM 1995:2004; Americana ASTM D1761-2006; ISO 261:1998, ISO 262:1998; Chilena NCh 1198 – 2006 e Alemã DIN 1052:2004

Trata-se de uma contribuição original com as recomendações para a utilização destes tipos de parafusos com espécies de reflorestamento nacionais e, poderá, portanto, fundamentar uma proposta normativa a ser incluída na próxima revisão da NBR 7190/2007.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A madeira na construção

Segundo CALIL (2006) a idade da madeira é maior que a história da humanidade. As idades da pedra, ferro e bronze são parte do progresso da humanidade, mas a madeira - uma fonte renovável - tem permanecido sempre em moda. Como material de construção, a madeira é abundante, versátil e facilmente obtida. Sem ela, a civilização como conhecemos teria sido impossível. A resistência da madeira, baixo peso e baixo consumo energético são propriedades essenciais. Ela é capaz de suportar sobrecargas de curta duração sem efeitos deletérios.

Quase metade da área do Brasil é floresta. Se, tecnologicamente manipulada e protegida de desastres naturais causados por fogo, insetos e doenças, as florestas vão durar para sempre. Conforme as árvores mais velhas são retiradas, são substituídas por árvores novas para reabastecer a oferta de madeira para as gerações futuras. O ciclo de regeneração, ou campo de sustentação, pode facilmente superar o volume que está sendo utilizado.

A ideia equivocada de que a madeira possui uma pequena vida útil tem negligenciado o uso como material de construção. Embora a madeira seja susceptível ao apodrecimento e ataque de insetos sob algumas condições, é um material muito durável quando utilizado com tecnologia e tratamento químico, pois pode ser efetivamente protegido contra deterioração por período de 50 anos ou mais. Além disso, a madeira tratada com preservativos requer pouca manutenção e pintura. Contrário à crença popular, grandes peças de madeira têm boa resistência ao fogo e melhor performance que outros materiais em condições severas de exposição ao fogo. Do ponto de vista econômico, a madeira é competitiva com outros materiais com base em custos iniciais e apresenta vantagens quando comparada ao custo em longo prazo.

Segundo a ABIMCI (Associação brasileira da indústria de madeira processada mecanicamente) (2004) a madeira somente será plenamente reconhecida como potencial material de construção civil mediante sua correta utilização. Frente a esta situação é necessário o perfeito conhecimento de suas diferentes propriedades físicas, mecânicas e anatômicas e a consciência por parte de engenheiros,

arquitetos e construtores de que a tecnologia aplicada para aço e concreto não pode ser transferida para a madeira.

As dúvidas mais frequentes quanto às técnicas de proteção, durabilidade, custos, resistência ao fogo e sistemas construtivos devem ser melhores difundidas. Não se pode deixar que este conhecimento permaneça nas universidades e centros de pesquisa. No caso de madeiras de reflorestamento exige-se um redirecionamento dos plantios, enfocando manejos e ciclos de corte que permitam produção de madeira com melhores propriedades físicas e mecânicas. Assim, é possível permitir melhor desempenho da madeira como material de construção civil, não somente como acabamento.

Para sua industrialização, o próximo passo para otimizar sua utilização é imprescindível que normas de classificação, padronização das dimensões (bitolas e comprimentos) e cuidados técnicos necessários sejam divulgados e revisados periodicamente; também deve ser estímulo do desenvolvimento de novas normas e especificações que possibilitem a melhor adequação da madeira a construção civil.

Por meio do entendimento correto e do efetivo estímulo ao desenvolvimento de novos produtos e processos, é possível vislumbrar novos mercados e expandir a demanda atual de madeira para construção civil.

3.1.1 A madeira de reflorestamento

Segundo a ABRAF, Associação Brasileira de Produtos de Florestas Plantadas (2009), neste ano a área total de florestas plantadas de Eucalipto e Pinus no Brasil atingiu 6.310.450ha, apresentando um crescimento de 2,5 % em relação a 2008, considerado modesto, tendo em vista o crescimento médio anual de 5,5 % no período de 2005 a 2008. Essa redução decorreu da crise financeira internacional que afetou a economia mundial, reduzindo significativamente a demanda dos mercados compradores dos produtos das cadeias produtivas que são baseadas em madeira originária de florestas de Eucalipto e Pinus (Figura 2). O acréscimo de 152.700ha plantados em relação ao total de 2009 foi alcançado em função do crescimento de 4,4% na área plantada com Eucalipto e queda de 2,1% na área com

Pinus, o que resultou em aumento de 2,5% da área acumulada com florestas plantadas, com ambos os gêneros de acordo com os históricos de evolução mostrado na Figura 3. A área de florestas com Eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros com tradição na silvicultura deste gênero, ou em estados considerados como novas fronteiras da silvicultura, com crescimento médio no país de 7,1% ao ano entre 2004-2009, conforme demonstrado no Figura 3. No entanto, em 2009 o crescimento foi relativamente modesto em relação ao ano anterior, atingindo cerca de 200 mil ha, comparado a aproximadamente 350 mil ha no ano anterior, pelas razões já apresentadas. Por outro lado, a área plantada com Pinus vem decrescendo de forma gradual no Brasil, a partir de 2007 (com queda de cerca de 37 mil hectares em 2009, em relação ao ano anterior), embora tenha se mantido estável entre 2004-2009, com crescimento médio anual de 0,3% ao ano.

Enquanto no caso do Eucalipto se observou expansão de mais de 1 milhão de hectares na área plantada nos últimos 5 anos (crescimento acumulado de 41,1% no período), a área de florestas plantadas com Pinus manteve-se praticamente estável, apresentando um crescimento de apenas 1,7% no período de 2004 a 2009.

A expansão na área plantada com Eucalipto é resultado de um conjunto de fatores que vêm favorecendo o plantio em larga escala deste gênero. Entre os aspectos mais relevantes estão o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal, a expansão e o direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais. Em particular, as expansões previstas no segmento de celulose e papel têm sido a alavanca do crescimento nas áreas plantadas deste grupo de espécies. Por outro lado, a pequena queda observada na área de florestas plantadas com Pinus é explicada, em parte, pela decisão de algumas empresas do setor em substituir gradativamente florestas de Pinus por Eucalipto ou por outras culturas, como observado em empresas localizadas nos estados de Mato Grosso do Sul, Pará e Amapá. Adicionalmente, parte desta redução da área plantada total com Pinus é atribuída aos efeitos da crise econômica global uma vez que este grupo de espécies está fortemente associado à indústria madeireira, a qual sofreu redução no nível de produção e exportação, principalmente aquela voltada ao setor da construção civil nos Estados Unidos (ABRAF 2010).

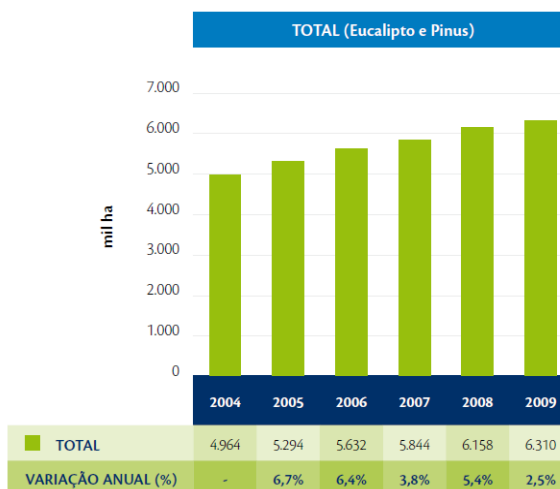


Figura 2 - Evolução da área de florestas plantadas com Pinus e Eucalipto no Brasil (2004-2009) Fonte: Anuário estatístico da ABRAF 2010.

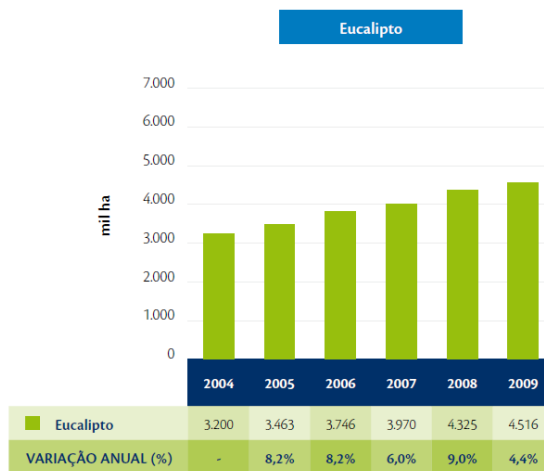


Figura 3 - Evolução da área de florestas plantadas com Eucalipto no Brasil (2004-2009) Fonte: Anuário estatístico da ABRAF 2010.



Figura 4- Evolução da área de florestas plantadas com Pinus no Brasil (2004-2009) Fonte: Anuário estatístico da ABRAF 2010.

3.1.2 A madeira de pinus

Segundo Shimizu (2008) a espécie de Pinus vêm sendo introduzidas no Brasil há mais de um século, para várias finalidades. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus como curiosidade, para fins ornamentais e para produção de madeira. Os primeiros registros de que se tem notícia foram de *Pinus canariensis*, provenientes das Ilhas Canárias, no Rio Grande do Sul, em torno de 1880. A Figura 5 apresenta o aspecto de uma madeira de Pinus.

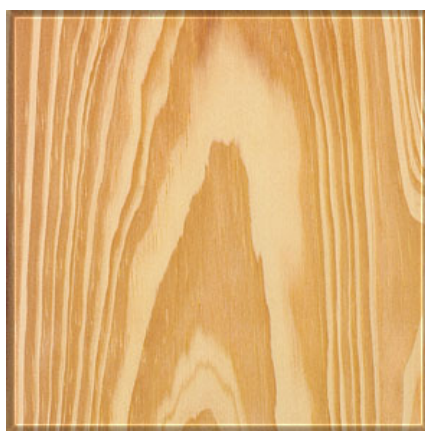


Figura 5 – Madeira de Pinus.

Por volta de 1936, foram iniciados os primeiros ensaios de introdução de *Pinus* para fins silviculturais, com espécies europeias. No entanto, não houve sucesso, em decorrência da má adaptação ao nosso clima. Somente em 1948, através do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas, para ensaios, as espécies americanas conhecidas nas origens como "pinheiros amarelos" que incluem *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda*. Dentre essas, as duas últimas se destacaram pela facilidade nos tratamentos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil. Desde então, um grande número de espécies continuou sendo introduzido e estabelecido em experimentos no campo por agências do governo e empresas privadas, visando ao estabelecimento de plantios comerciais. A diversidade de espécies e raças geográficas testadas, provenientes não só dos Estados Unidos, mas também do México, da América Central, das Ilhas Caribenhas e da Ásia foi fundamental para que se pudesse traçar um perfil das características de desenvolvimento de cada espécie para viabilizar plantios comerciais nos mais variados sítios ecológicos existentes no país (SHIMIZU, 2008).

Enquanto a madeira de *Pinus* é utilizada intensivamente na construção de habitações unifamiliares dos EUA, Canadá, Japão e países do norte europeu, as propostas brasileiras demoram a vingar, sendo desalentados para os seus autores, pois não vêem suas expectativas serem atingidas e não são recompensados por sua pesquisa, trabalho e empenho.

A falta de tecnologia apropriada ao processo construtivo tem levado ao uso inadequado da madeira, gerando assim ao consumidor final um olhar ruim, porém de um material de enorme potencial.

Este quadro é decorrente essencialmente da ausência de domínio das técnicas, dos métodos e dos processos da tecnologia da madeira; um corpo normativo capaz de subsidiar o uso da madeira visando a qualidade do produto; uma indústria madeireira forte associada à tecnologia incorporada à produção florestal e recursos humanos capacitados atuando na área.

O preconceito contra a habitação de madeira é de origem fundamentalmente cultural, em consequência do desconhecimento da tecnologia da madeira no Brasil. Embora algumas vantagens ditas inerentes ao material sejam utilizadas como argumentação contra os preconceitos culturais existentes no Brasil, como a

facilidade de manuseio, material proveniente de reserva renovável, grande resistência mecânica em vista da baixa densidade etc; estas devem ser cautelosamente utilizadas. A argumentação inconsistente contribui para os preconceitos e para a manutenção do atual estado de desenvolvimento tecnológico, pois também caracteriza o desconhecimento da tecnologia da madeira (Bittencourt e Hellmeister, 1995).

No Brasil, a madeira de Pinus é considerada de baixa resistência, porém nos últimos anos sua utilização na indústria madeireira brasileira tem sido crescente. As estimativas indicam que 35% do volume de madeira serrada produzida são desse gênero, e no país, existem aproximadamente 1,5 milhões de hectares de plantações. Portanto, são espécies fundamentais para o fornecimento de matéria-prima, com destaque as Regiões Sul e Sudeste (BALLARIN e PALMA, 2003).

Apesar desta grande potencialidade, esta madeira é pouco utilizada no Brasil para finalidades nobres, por problemas culturais. A floresta de Pinus é diferenciada pelo seu “multiuso” porque, após o corte, sua madeira pode ser destinada à indústria laminadora, que a utiliza para fabricação de compensados; para a indústria de Madeira Laminada Colada, que a utiliza para fins estruturais; para a indústria de serrados, que a transforma em madeira beneficiada ou é convertida em móveis; para a indústria de papel e celulose; para a indústria de MDF; para fins de construção civil como formas de escoramento e, mesmo o seu resíduo, tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia (CARGNIN, 2005).

Devido à grande diversidade de organismos xilófagos em nosso país, a madeira de Pinus deve ser tratada e preservada para ter melhor desempenho durante sua vida útil.

A preservação da madeira de Pinus, da forma como vem sendo praticada, consiste da impregnação com substâncias tóxicas aos organismos xilófagos, a fim de que estes não possam mais utilizá-la como alimento para sua sobrevivência e multiplicação. Com essa prática, pode-se garantir para a madeira de Pinus uma utilização de, no mínimo 20 anos sem ataques de organismos xilófagos (Geisse, 2006).

3.1.3 A madeira de eucalipto

As espécies do gênero *Eucalyptus* são caracterizadas por apresentar crescimento rápido e grande porte. Provenientes da Oceania foram trazidas para o Brasil e introduzidas no Estado de São Paulo por Edmundo Navarro de Andrade, no início do século XX. Desde então muitas espécies vêm sendo estudadas e várias delas já são utilizadas em plantios de florestas de produção. Uma destas espécies é o *Eucalyptus grandis*, amplamente utilizado no Brasil na produção de formas de concreto, carpintaria, estruturas de telhados, *pallets* e alguns tipos de móveis (VITAL, 2007).

As plantações de Eucalipto estão presentes em diversas regiões do mundo, com peculiaridades específicas de cada região, como altitude, tipo de solo, regime pluviométrico, entre outras condições ambientais diversas. Por isso, Vital (2007) afirma que não se pode cometer o erro de tecer um comentário generalizando o tema como “O eucalipto seca o solo”, pois isso pode ser real para uma condição específica de clima, mas não é real para a maioria dos casos. Para não gerar um comentário precipitado, é necessário fazer uma contextualização técnica sobre o assunto, tais como “Em regiões onde o volume pluviométrico é inferior a 400 mm/ano, as plantações de eucalipto podem levar ao ressecamento do solo”, ou “Em regiões onde o solo prévio à plantação já estava degradado ou possuía baixos níveis de fertilidade, as plantações de eucalipto podem elevar a quantidade de húmus na terra, melhorando as condições de fertilidade do solo”.

Para Vital (2007), aparentemente as controvérsias e debates que giram em torno do plantio de Eucalipto fazem parte do âmbito sociopolítico e econômico, uma vez que na esfera acadêmica e científica os estudos relacionados ao tema apontam de um modo geral para a mesma direção, criando um consenso e não uma discussão.

A atividade silvicultural, assim como a atividade agropecuária ou industrial, pode causar ou não impactos ambientais, dependendo de várias circunstâncias, tais como condições prévias ao plantio. Se o plantio é desenvolvido em áreas degradadas, pouco férteis, erodidas ou utilizadas como pastos, os impactos sentidos serão positivos. Com a queda das folhas haverá elevação da fertilidade do solo, as raízes diminuirão o processo erosivo e a biodiversidade aumentará por existirem

mais espécies de flora e fauna em uma floresta de eucalipto do que em um pasto ou em uma monocultura de cana de açúcar ou soja.

3.1.4 Pinus oocarpa

O *Pinus oocarpa* está entre as espécies de *Pinus* tropicais mais difundidas.

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

3.1.5 Lyptus

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

Afinal, para cada árvore derrubada, outra é replantada, preservando as matas e toda a sua biodiversidade. A madeira Lyptus® é desenvolvida com o cruzamento de árvores selecionadas, que lhe conferem mais versatilidade, durabilidade e beleza. Assim você pode optar por uma madeira nobre, sem correr o risco de agredir o meio ambiente. (Fergon, 2008).

3.1.6 Madeira laminada colada

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

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

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

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

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

No entanto, foi em 1940, com o desenvolvimento dos adesivos sintéticos que o sistema laminado-colado experimentou o seu grande progresso. Essa técnica, surgiu da necessidade de utilização da madeira de reflorestamento, em particular do gênero Pinus, disponível em abundância em alguns países do hemisfério norte, que teve nessa madeira de fácil trabalhabilidade, a sua grande aliada.

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

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

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

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

Apesar de a MLC ser um produto do século XIX, no Brasil existem apenas quatro indústrias de MLC, sendo uma no Rio Grande do Sul, uma em Goiás, e duas no estado de São Paulo. O custo da MLC nessas indústrias é da ordem de R\$ 4.000,00 (quatro mil reais), algo em torno de US\$ 1.700,00 (mil e setecentos dólares estadunidenses) por metro cúbico, o que reduz, no momento, a sua competitividade com madeiras serradas tropicais e de reflorestamento. Somente para informação a MLC no Chile custa 750 dólares por metro cúbico e, nos Estados Unidos e Canadá na ordem de 1000 dólares por metro cúbico.

3.2 Ligações

As ligações são geralmente os pontos mais vulneráveis numa estrutura de madeira. Sujeitas a esforços e tensões localizadas, constituem zonas críticas que exigem uma atenção especial, de modo a não ser responsável pela perda de estabilidade global das estruturas de madeira.

Ao longo dos tempos, foi desenvolvida uma grande quantidade de técnicas de ligações de madeiras; no entanto, existem ainda lacunas na descrição do comportamento das mesmas quando sujeitas a ações exteriores, tais como, ações de serviço, umidade, temperatura ou efeitos da longa duração das ações. Por este motivo, não se consegue atualmente estabelecer com verdadeiro rigor a capacidade resistente das ligações. Isto pode conduzir a um aumento do custo e da ineficiência das estruturas de madeiras.

As primeiras investigações foram conduzidas para a determinação de capacidades resistentes, a partir dos resultados de grandes quantidades de ensaios, desprezando a rigidez e a deformação das ligações. No entanto, investigações recentes, no domínio elástico procuram conduzir estes fatores, já que a rigidez da ligação é, na maioria dos casos, uma grande influência na distribuição dos esforços na estrutura. O campo de investigação alarga-se, nos nossos dias, ao comportamento inelástico e ao efeito da duração de atuação das ações. Surgem fatores de modificação que permitem contabilizar estes efeitos no projeto de ligações.

Os vários tipos de ligações podem ser classificados relativamente sob diversos aspectos. No que diz respeito ao fator temporal, podemos fazer duas distinções: ligações clássicas e ligações modernas. Quanto aos tipos de tecnologia utilizada, podemos ter: ligações por entalhes (madeira sobre madeira); ligações por justaposição (que recorrem ao uso de elementos diversos, nomeadamente metálicos, para assegurar a junção dos elementos); e ligações coladas (através do recurso a compostos químicos).

Os materiais constituintes de uma ligação em estruturas de madeira são: o aço, os derivados de madeira e, naturalmente, a madeira maciça. A evolução das ligações tradicionais de madeira-madeira para o uso de outros materiais deve-se à necessidade de esbeltez das estruturas.

Segundo (Mendes, 1994), os elementos metálicos eram inicialmente utilizados, principalmente, para assegurar a estabilidade das ligações. Hoje em dia, existe uma grande variedade de acessórios metálicos utilizados em ligações de estruturas mistas concreto-madeira ou aço-madeira, e na construção de apoios. No que diz respeito aos conectores, propriamente ditos, aparece uma grande variedade

de materiais, desde materiais orgânicos (peles, fibras vegetais, madeira, etc.) a ligas metálicas.

A utilização da madeira na tecnologia de construção de habitações resulta da sua grande abundância e maleabilidade. Além disso, a sua apresentação nos diversos diâmetros e comprimentos, contrariamente à pedra, despertava no homem um interesse e uma possibilidade de edificar abrigos. Sendo assim, cronologicamente, o homem habitou primeiro as cavernas, evoluindo depois para as cabanas de madeira.

A forma mais simples de habitação é constituída por várias varas cravadas no solo inclinadas de forma a cruzarem-se na extremidade superior (Figura 6). Naturalmente que, a utilização de dois elementos de madeira provoca desde logo a necessidade de uni-los (MENDES, 1994).

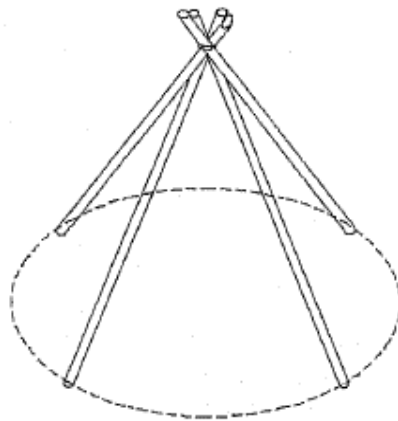


Figura 6 - Estrutura Primitiva com ligação de elementos fibrosos (MENDES, 1994).

Surgem, portanto, as primeiras ligações de madeira, absolutamente necessárias para assegurar a estabilidade das primeiras casas de madeira.

Estas ligações são, numa fase inicial, executadas com elementos fibrosos de origem vegetal (lianas, vimes), sendo utilizado, numa fase posterior, tiras de pele (Figura 7).

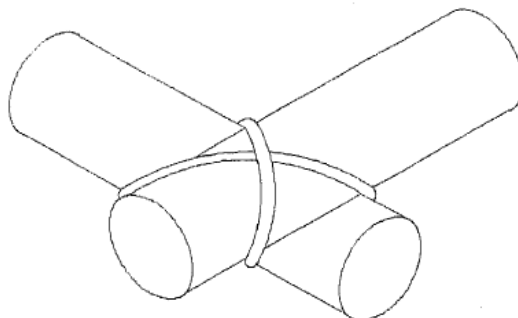


Figura 7- Ligação com fibras vegetais

Resultante da evolução no domínio dos metais, o homem desenvolve ferramentas que lhe permite trabalhar com a madeira, e cedo descobre que a mesma tem direções preferenciais para serem trabalhadas, e que, após a secagem, se desenvolvem fendas na direção radial, facilitando a tarefa.

Simultaneamente, a possibilidade de realizar entalhes em peças de madeira, com as ferramentas manuais, sugere uma tecnologia de ligação, que tem evoluído sem parar até aos nossos dias.



Figura 8 - Ligação em entalhe (Rothoblass 2012)

As ligações por entalhes, inicialmente concebidas, tinham apenas uma função de travamento da estrutura, sem resistirem a esforços significativos (uma aplicação corrente das mesmas, que ainda se pode ver nas habitações do tipo “loghouse” nos Estados Unidos, consiste na sobreposição de troncos de madeira).

As ligações por entalhes transmitem bem os esforços de compressão e corte, mas não admitem a inversão de solicitações.

Além disso, estas ligações têm a desvantagem de, na zona do entalhe, haver concentração de tensões por motivo da redução efetiva na secção da peça. Isto tem o inconveniente de obrigar a utilização de elementos longos, com a secção superdimensionada e, assim, as emendas em zonas tracionadas não podem ser realizadas.

Com o decorrer do tempo, as ligações por entalhes desenvolveram-se bastante, permitindo evoluir para estruturas cada vez mais arrojadas, capazes de vencerem vãos que a pedra não permitia.

Na Idade Média apareceram soluções inovadoras, simples mas eficientes, na arte de ligar peças de madeira, baseadas num conhecimento empírico das características resistentes da madeira, fruto de centenas de anos de experiência.

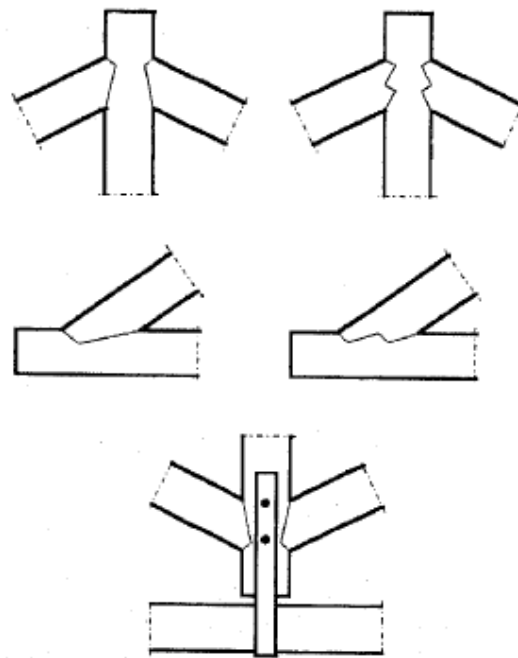


Figura 9 – Entalhes de ligações clássicas executadas por carpinteiros.

Recorria-se ao uso de elementos metálicos ou cavilhas de madeira, apenas para manter as peças em posição ou, em alguns casos, para reforçar a ligação.

As estruturas adquiriram uma maior complexidade, como escadas de madeira, surgindo verdadeiras obras de arte, sobretudo em edifícios com características de utilização coletiva (igrejas, castelos etc.), e até outras utilizações como móveis de madeira, caixas de madeira, painéis de madeira ou decks de madeira.

Apesar do conhecimento da resistência dos materiais não ser tão definido, os construtores da época valiam-se de outros fatores determinantes para o sucesso da tecnologia da madeira. A escolha criteriosa e o tratamento cuidadoso da madeira, bem como o recurso de carpinteiros especializados na arte de edificar, portadores de uma elevada habilidade manual, permitia uma montagem correta. A concepção e os detalhes da obra eram estudados em pormenor, e se necessário ensaiados em modelos.

As ligações por entalhes, com todas as suas desvantagens inerentes, como tempo e dificuldades de execução, deram lugar a outras soluções mais eficazes. No entanto ainda encontramos uma réstia da sua utilização na indústria de mobiliário clássico, uma vez que aí o carácter estético tem uma importância maior que a resistência do material.

As ligações modernas englobam um conjunto de tecnologias de ligações bem diversificadas, sendo algumas delas variantes melhoradas de tecnologias clássicas, caso das ligações com elementos metálicos, e das ligações com entalhes múltiplos, enquanto outras são totalmente inovadoras, como por exemplo, as ligações coladas.

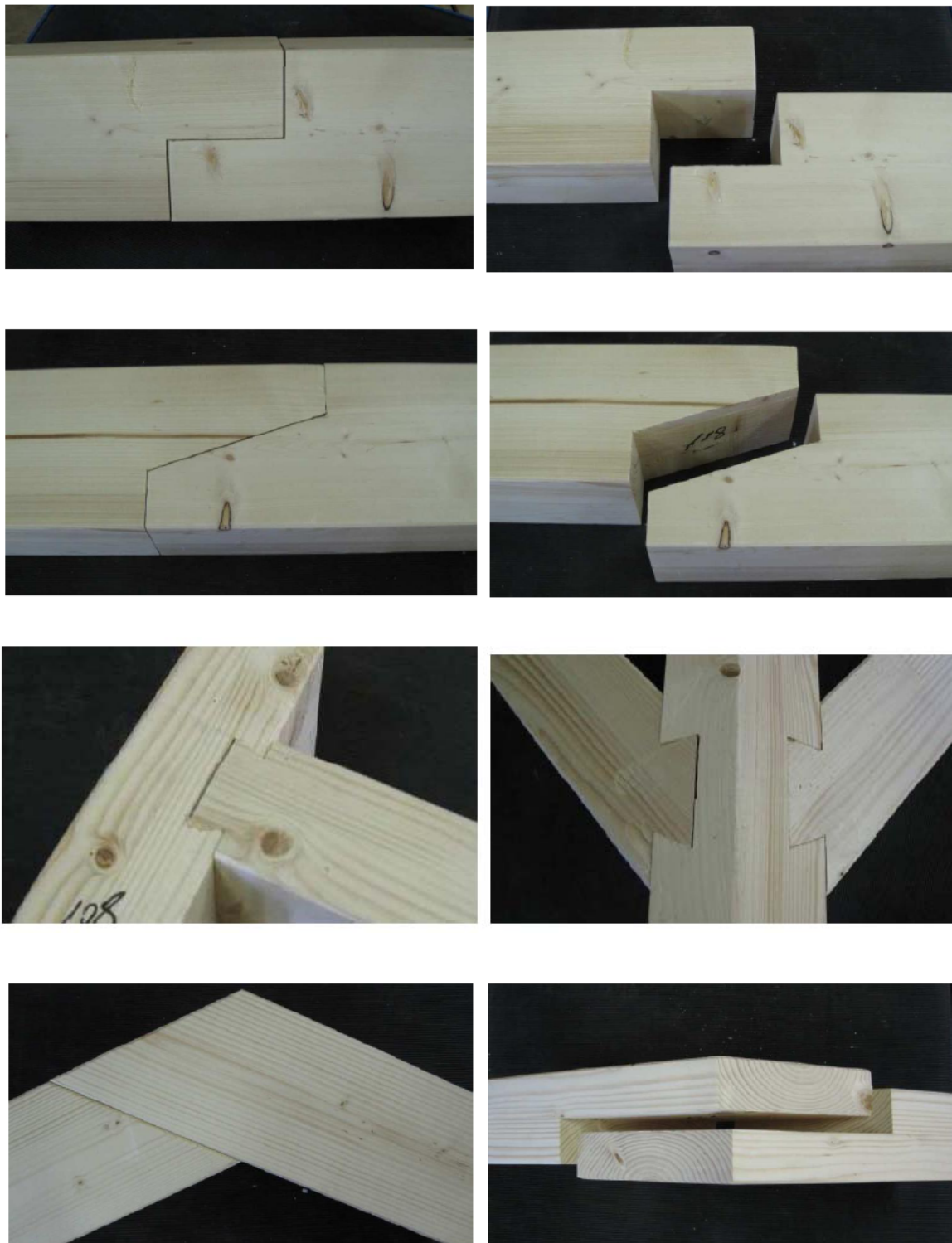


Figura 10 - Ligações com entalhes (Rothoblaas 2012)

Existe uma efetiva preocupação na economia do material, aliada a um conceito real de segurança.

Naturalmente que o aparecimento de novas soluções foi possível graças ao desenvolvimento das diversas ciências, nomeadamente a resistência dos materiais, bem como evoluções no conhecimento das características resistentes da madeira.

Numa etapa inicial, a aplicação dos conceitos da estática às ligações ditas clássicas, permitiu uma redução nas seções de cálculo aliada com um aumento da segurança. A partir do equilíbrio global da estrutura, é possível chegar aos esforços internos, permitindo conhecer tensões máximas atuantes e compará-las com as características resistentes da madeira.

Dá-se então um regresso às origens, através do recurso a ligações por elementos justapostos. No entanto, no início os materiais usados para ligar eram primitivos e rudimentares. Nas ligações modernas, o progresso no domínio das ligas metálicas faz com que os conectores utilizados passem a ser metálicos.

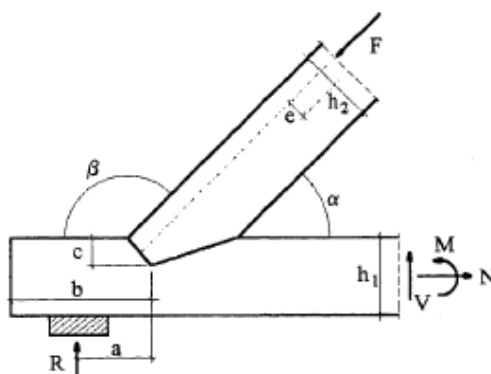


Figura 11 - Modelo de equilíbrio de uma ligação clássica (MENDES, 1994).

A simples justaposição de dois elementos de madeira, obriga à utilização de um terceiro elemento que permita assegurar a ligação propriamente dita. Esse material é determinante para a transmissão do esforço, e ao mesmo tempo para garantir a estabilidade da ligação. Com esta importância, é natural que o interesse no estudo e desenvolvimento dos conectores seja enorme, revelando-se compensador nos últimos séculos, com o aparecimento de diferentes conectores que vão desde o simples prego às chapas metálicas dentadas, e da colagem.

O prego surge como a primeira tecnologia da era moderna, resultado de uma anterior utilização do mesmo com características resistentes determinadas de uma forma empírica, ou como elemento essencialmente aplicado para assegurar a estabilidade da ligação. Aliado a isto, o prego constitui um conector vulgar, simples e de fácil aplicação. Com estes fatores a favor, criaram-se todas as condições para o interesse, em estudar e melhorar a capacidade resistente dos pregos.

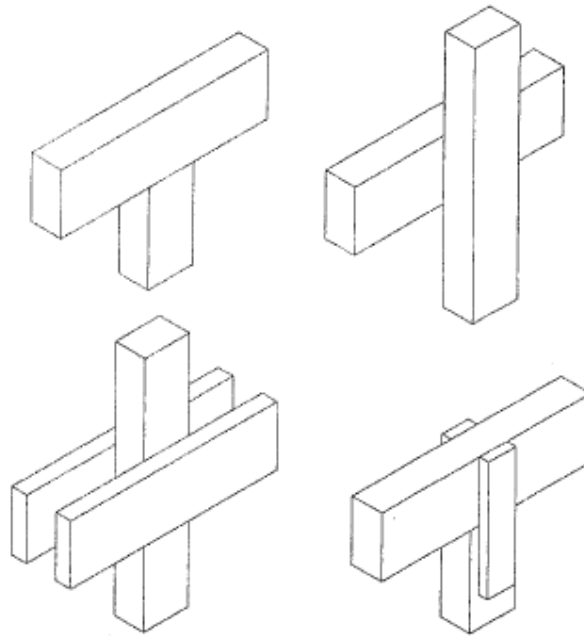


Figura 12 - Ligação viga-pilar

Sendo assim, os primeiros modelos que predizem a capacidade resistente de conectores, aparecem orientados para os pregos. Esses modelos sofreram uma grande evolução. Os pregos são conectores particularmente feitos para resistirem ao corte, no entanto, a sua resistência ao arranque pode ser significativa, dependendo do tipo de prego utilizado.

As ligações com pregos têm uma grande deformabilidade, associada ao pequeno diâmetro que, normalmente, estes conectores possuem. Essa grande deformabilidade pode, no entanto, revelar-se bastante útil para a resistência as ações sísmicas, uma vez que permite à zona da ligação um comportamento dúctil.

A utilização de outros conectores sofreu um grande desenvolvimento com o advento das técnicas de abertura de chanfros, pré-furação, e cravação na madeira. Neste tipo de conectores podem-se fazer duas distinções: conectores geralmente de seção circular, adiante designados por conectores do tipo pino (parafusos de porca, parafusos correntes, cavilhas e pregos), introduzidos perpendicularmente às faces dos elementos e a partir do exterior, e conectores aplicados em entalhes entre faces dos elementos (tarugos metálicos, tarugos de madeira e anéis metálicos).

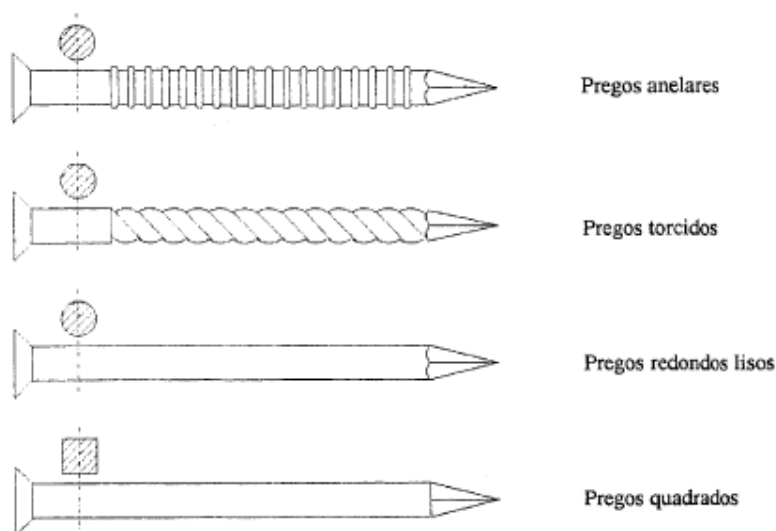


Figura 13 - Tipos de pregos

No entanto, os modelos de determinação da capacidade resistente do conector, e conseqüentemente da ligação, são também distintos: os conectores do tipo pino estão sujeitos, fundamentalmente, ao corte de uma seção transversal; os conectores aplicados entre faces dos elementos estão sujeitos, principalmente, ao rolamento sobre si próprio.

O parafuso com porca constitui um conector de utilização generalizada. Trata-se de um conector metálico de seção circular com uma cabeça de diâmetro superior, cuja seção pode ser sextavada ou quadrada. A superfície do conector é lisa e a ponta roscada, que permite aparafusar a porca, esta com seção idêntica a da cabeça, também pode ser sextavada ou quadrada.

Conjuntamente com o parafuso e a porca, são também utilizadas arruelas em ambos os topos, quadradas e redondas, que assumem uma particular importância na distribuição da força perpendicular às fibras por uma área adequada, para não haver esmagamento localizado logo após a montagem.

Os parafusos com porca também podem ser utilizados em conjunto com outros tipos de conectores (anéis metálicos, por exemplo), tendo então a função de apenas assegurar que os elementos permaneçam unidos quando solicitados.

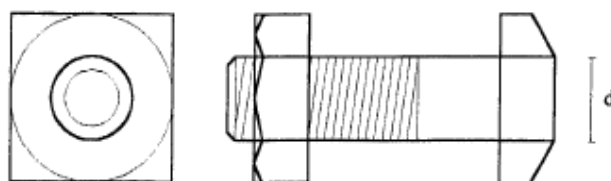


Figura 14 - Parafuso de porca

Os parafusos meia rosca, são conectores metálicos com um corpo roscado, que termina numa ponta também roscada. A cabeça de diâmetro superior ao da espiga pode ser oval ou plana e a sua seção pode ser sextavada, quadrada ou redonda.

A tecnologia de aplicação deste conector recorre, regra geral, à pré- furação seguida do aparafusamento. O diâmetro do furo deve ser ligeiramente inferior ao do parafuso, de forma a que este mobilize, além da resistência ao corte, alguma resistência ao arranque.

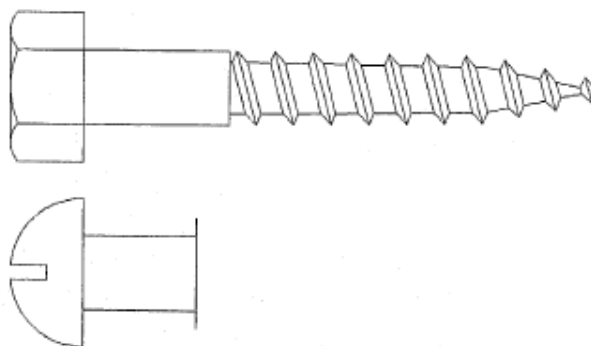


Figura 15 - Parafuso meia rosca

Para diâmetros pequenos, o funcionamento do parafuso meia rosca pode ser identificado com o de alguns tipos de pregos aplicados com recurso da pré-furação.

A utilização deste tipo de conector em estruturas é pouco usual no Brasil, em detrimento do prego para estruturas leves e do parafuso de porca para estruturas mais complexas e pesadas. No entanto, é bastante utilizado em ligações da indústria de mobiliário e em carpintaria de acabamentos de edifícios. A sua principal diferença, relativamente aos parafusos de porca, reside no fato de estes entrarem folgados no orifício previamente aberto, enquanto que, as cavilhas são introduzidas sobre pressão de forma a ficarem justas. Isto é, nos parafusos de porca a força de aperto entre os elementos ligados é conferida pela compressão transversal nas faces exteriores devido às porcas, enquanto que, nos pinos de madeira, essa força de aperto é transmitida por atrito ao longo do pino.

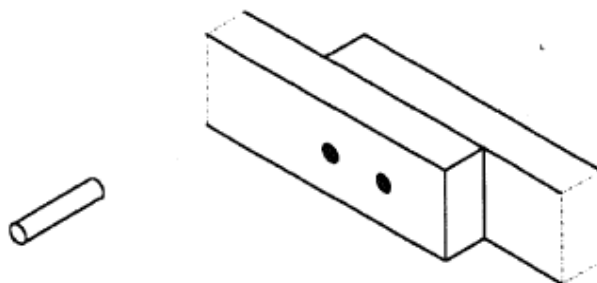


Figura 16 - Ligação cavilha de madeira

A sua aplicação exige uma pré-furação em conjunto com a cravação. Uma vez que a cravação, principalmente para diâmetros elevados, obriga a cuidados e equipamentos especiais, a sua utilização em estruturas é relativamente pequena, em detrimento do parafuso de porca. Do ponto de vista estético, oferece grandes vantagens, já que a superfície das peças ligadas permite um conjunto de acabamentos que as ligações com parafusos de porca não admitem.

Os conectores aplicados entre faces dos elementos constituem uma classe com uma importância crescente, resultante, por um lado, do modo de funcionamento propriamente dito, e por outro, pela significativa evolução que tiveram, a qual culminou nos anéis e nas chapas dentadas.

Estes conectores são aplicados entre as faces das peças, sendo normalmente acompanhados de elementos do tipo pino, permitindo que os esforços atuantes nestes sejam bastante inferiores.

A sua grande vantagem reside precisamente na contribuição para a diminuição de tensões nos conectores do tipo pino na zona da interface dos elementos, além do que, permitem reduzir a deformação da ligação.

Como é evidente, estas barras quando sujeitas a ações numa ligação, têm tendência a rodar, por efeito do binário que surge.

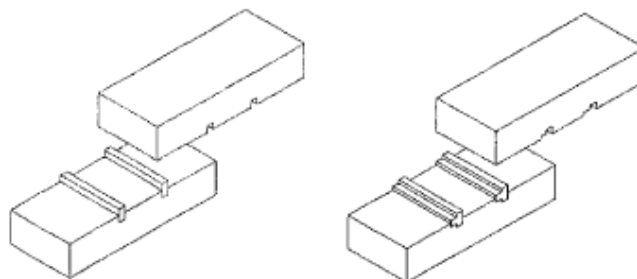


Figura 17 - Barra de perfil retangular e perfil T

Resultados de estudos consequentes surgem outros conectores que permitem melhorar a eficiência da ligação. Exemplo destes são as barras dobradas ou arqueadas que, devido ao seu aumento efetivo de rigidez face às barras de perfil retangular, contrariam os momentos desenvolvidos na ligação.

Variações destes tipos de conectores permitem chegar às barras dobradas e formar um quadrado.

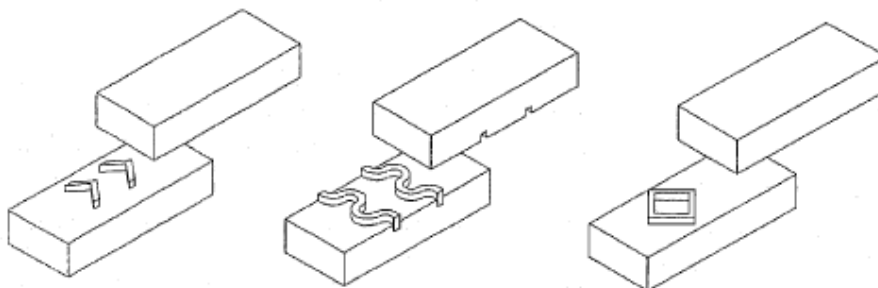


Figura 18 - Barras dobradas, arqueadas e dobradas para formar quadrado.

Seguindo a linha de raciocínio anterior, aparecem os anéis metálicos. Dotados de maior rigidez que os outros conectores anteriores, permitem melhores desempenhos nas ligações.

Além disso, a tecnologia de aplicação dos anéis metálicos torna-se mais simples, uma vez que a abertura dos rasgos é feita através de uma máquina rotativa provida de lâminas.

Juntamente com os anéis surgem as chapas dentadas. A tecnologia de aplicação deste tipo de conectores recorre à cravação dos mesmos, em ambos os lados da ligação.

Estas duas classes de conectores apresentam uma grande variedade de formas, tendo sido, por isso mesmo, elaborada uma norma europeia com as especificações dos mesmos. Estes conectores podem ser divididos em quatro grupos: anéis, placas, placas dentadas e outros.

As principais distinções entre estes grupos residem no fato de os anéis e as placas serem aplicadas com recurso da técnica de abertura de rasgos, diferindo os primeiros dos segundos pela razão de que nos anéis, os rasgos são abertos em ambas as faces em contato, enquanto que nas placas dentadas, são abertos apenas numa das faces. As placas dentadas têm como principal característica o uso da tecnologia de cravação.

Finalmente, os conectores da última classe distinguem-se dos anteriores por não serem de ligas metálicas.

Os anéis são, ainda de acordo com a prEN912, classificados em cinco subgrupos designados de A1 a A5.

Os anéis A1 são fechados com uma seção similar a de uma lente, feitos de liga de alumínio fundido.

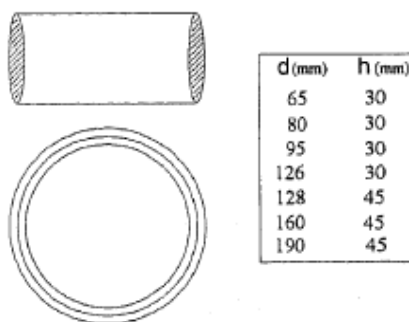


Figura 19 - Anéis A1

Os anéis A2 e A3 são abertos. A abertura é feita recorrendo a um encaixe. Os lados dos anéis A2 são paralelos enquanto que, nos anéis A3, são chanfrados e são feitos de fita de aço.

Os anéis abertos apresentam a vantagem de, na sua aplicação, não necessitarem de rasgos com dimensões perfeitas, uma vez que a abertura permite que haja um pequeno ajuste ao rasgo, dissipando assim possíveis acumulações de tensões.

A aplicação dos anéis abertos nos rasgos requer um pequeno cuidado: a abertura deve ficar orientada de forma que o diâmetro que a contém seja perpendicular à direção da força atuante.

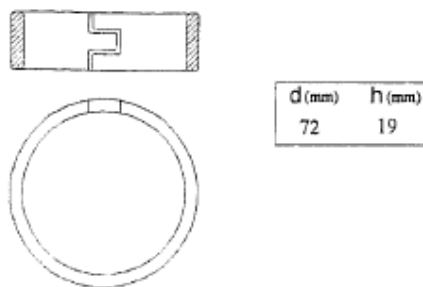


Figura 20 - Anéis A2

Os anéis A4 são igualmente abertos, com os lados chanfrados. A abertura é feita através de um rasgo a 45 graus em forma de V.

Os anéis A5 são idênticos aos anéis A4. Os lados são paralelos e a abertura pode ser igual a dos anéis A4 ou vertical e são feitos de fita de aço.

As placas dentadas são divididas em quatro tipos, designados de B1 a B4.

As placas B1 são conectores constituídos por uma chapa metálica circular, com um rebordo numa das faces, e, na outra, uma saliência cilíndrica com um furo central. Além disso, estes conectores têm dois furos opostos, relativamente ao centro da placa. São feitos de liga de alumínio fundido.

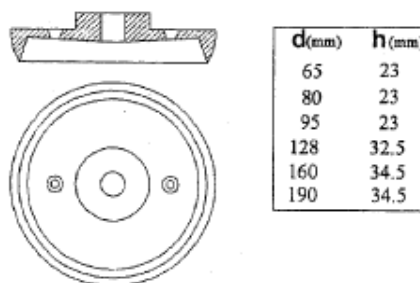


Figura 21 - Placa B1

As placas do tipo B2 são igualmente constituídas por uma chapa metálica circular, com rebordo e com furo no centro para um conector do tipo pino. São feitas de aço laminado a quente. Não possuem a saliência cilíndrica, como as placas B1.

As placas B3 são formadas por uma chapa circular perfurada com flange e com um cubo de eixo cilíndrico. São executadas em ferro fundido maleável.

Portanto, relativamente às placas B4, estas são idênticas às placas B2, no entanto, são feitas de ferro fundido.

O grupo seguinte engloba as placas dentadas, que podem ser classificadas em onze tipos, com referencia C1 a C11.

As placas dentadas C1 são constituídas por uma chapa metálica circular, cujas bordas são cortadas e dobradas, de forma a originar dentes triangulares alternando entre faces opostas. No centro da placa é feito um furo para passagem do conector do tipo cavilha. Para grandes diâmetros, a zona central é cortada de modo a realizarem-se dentes similares aos externos. São feitas com fita de aço laminado a frio.

O principal interesse das placas dentadas reside numa tecnologia de aplicação simples, o que as torna indicadas para estruturas leves.

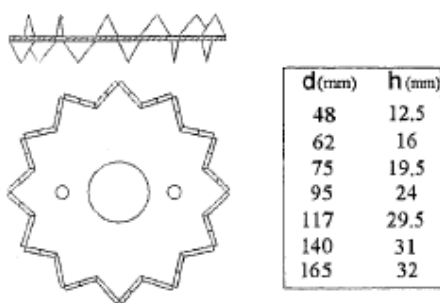


Figura 22 - Placa dentada C1

A placa dentada C2 é um conector idêntico à placa dentada C1. A diferença fundamental reside no fato do conector C2 ter dentes apenas numa face da chapa. O conector C3 distingue-se do C1 pela sua forma oval.

Os outros conectores C4 a C9 são variantes da placa dentada C1, com diferentes soluções na forma e na disposição dos dentes.

As placas dentadas C10 e C11 são constituídas por chapas em forma de anel, com espigões cônicos de pontas arredondadas. A diferença entre o conector C10 e o C11 reside no fato de o primeiro ter espigões em ambas as faces, enquanto o segundo apenas tem em uma face. São executadas em ferro fundido maleável.

Finalmente, o último grupo refere-se aos conectores com características análogas aos anteriores, variando em alguns aspectos.

Neste grupo encontram-se os conectores D1 feitos de madeira, com forma circular e cuja espessura aumenta linearmente das faces para o centro. Além disso, tem um furo no centro que lhe permite ser atravessado por um conector do tipo cavilha. São feitos com madeiras de densidade mínimas de 600 kg/m^3 .

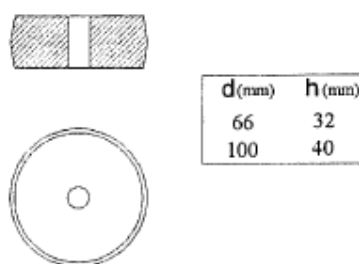


Figura 23 - Conector do tipo D1

As ligações por entalhes múltiplos, vulgarmente conhecidas, por “*finger joint*” (Figura 24), constituem uma tecnologia recente no domínio das ligações de madeira. Recorrendo às tecnologias clássicas de entalhes associadas com as modernas tecnologias de colagem, as emendas dentadas (“*finger joint*”) satisfazem, perfeitamente, às necessidades de ligações topo a topo em madeira.

Essas ligações são executadas também por colagem. No entanto, a ligação simples de topo é pouco eficaz, por isso recorre-se a modificações no topo das peças, de modo a mobilizar maior resistência à tração da ligação. Sendo assim, podem ter ligações de bisel, ligações de bisel rebaixado e ligações de entalhes múltiplos.

A utilização das emendas dentadas na indústria de mobiliária está bastante divulgada, bem como na madeira laminada colada.

A tecnologia de execução das emendas dentadas exige alguns cuidados nas diversas fases, nomeadamente na escolha e preparação da madeira, execução do perfil, aplicação da cola, pressão de aperto e cura. Para a sua execução, recorre-se a equipamento e técnica especializada.



Figura 24 - Ligações de topo, bisel e emendas dentadas respectivamente.

As ligações por colagem, apesar de ser em uma técnica bastante antiga, não eram usual em estruturas de madeira. Com o advento de novas colas, principalmente as sintéticas, conseguiu-se obter ligações com maior eficiência e confiabilidade.

Inicialmente as colas eram apenas usadas em mobiliário e carpintaria leve. No entanto, o progresso na descoberta de novas fórmulas permitiu evoluir para a sua aplicação em estruturas. Através da colagem é possível vencer vãos com peças sólidas que só o concreto e o aço conseguiam vencer.

A tecnologia de ligação por colagem requer alguns cuidados: a madeira utilizada deve ser controlada do ponto de vista da umidade, e as superfícies devem ser isentas de irregularidades, e uma particular atenção deve ser dada em relação aos defeitos. Na colagem propriamente dita, é importante controlar a quantidade de cola, bem como a temperatura de colagem, pressão e tempo de prensagem.

Pelas razões apontadas, os meios envolvidos necessários à execução das ligações coladas, obriga que as mesmas sejam realizadas em ambientes cobertos, por meio de processos com um grande grau de industrialização e controle de qualidade.

3.3 Os parafusos auto-atarraxantes

Os parafusos auto-atarraxantes, como a maioria dos pinos metálicos, são resistentes a carregamentos axiais e à força lateral. Os parafusos auto-atarraxantes são vantajosos nas ligações em que o comprimento necessário do parafuso passante é muito grande ou quando o acesso a um lado da ligação é restrito. Eles também são menos agressivos às peças de madeira, pois são inseridos de apenas um lado da ligação, ficando a ponta sempre embutida na peça.

Os parafusos auto-atarraxantes são muito utilizados em vários países da Europa, EUA e Japão. No Brasil, a utilização de tais parafusos é muito restrita e a ligação com estes pinos não é abordada pela Norma Brasileira de Projeto de Estruturas de Madeiras.

Analisando a situação americana, esta apresenta algumas vantagens em relação aos parafusos auto-atarraxantes, se comparados aos parafusos comuns, que justificam sua extensa utilização:

- normalmente são mais baratos que os parafusos comuns;
- apresentam menores efeitos prejudiciais que os parafusos comuns, quando as peças ligadas estão sujeitas à variação de umidade.

Segundo Ramskill (2002), os primeiros pesquisadores a ensaiarem ligações com parafusos auto-atarraxantes foram Newlin e Gahagan (1938) e muitas das conclusões desses autores ainda são válidas. Newlin e Gahagan (1938) apud Ramskill (2002) citam duas diferenças básicas entre os parafusos auto-atarraxantes e os parafusos comuns, a saber:

- nos parafusos auto-atarraxantes as roscas fornecem a resistência à força axial e nos parafusos comuns, esta função é transferida para as porcas;
- os parafusos auto-atarraxantes não possuem diâmetro constante ao longo da sua haste como os parafusos com porca.

Ainda segundo Ramskill (2002), em ligações solicitadas a esforços axiais, quando são utilizados parafusos comuns, o comprimento dos pinos não é importante, pois é a porca que resiste à força axial. Entretanto, quando são utilizados parafusos auto-atarraxantes, um comprimento mínimo dentro da peça é suficiente para que a resistência à força axial seja superior ao esforço aplicado.

Os parafusos auto-atarraxantes podem ser divididos em três grupos: (parafusos auto-atarraxantes) para madeira (*Wood screw*); (parafusos auto-atarraxantes) de cabeça sextavada e de rosca soberba (*lag screw*) e “*tapping screws*” chamados por Correia (2002) de parafusos auto-atarraxantes tipo torx.

a) Os parafusos auto-atarraxantes para madeira (*wood screw*) são fabricados com diâmetros pequenos, segundo *Wood Handbook* (1999), variando de 2,84 mm a 9,45 mm. No Brasil estes parafusos são encontrados com diâmetros variando de 2,2 mm a 6,1 mm. Podem ser encontrados com variadas formas de cabeça, sendo as mais comuns: cabeça chata (Figura 25 a), oval (Figura 25 b) e redonda (Figura 25 c). Eles devem ser inseridos na madeira somente por movimentos de torção e com pré-furação de diâmetro adequado. Podem ser fabricados em aço, bronze, outros metais ou ligas e ter acabamentos específicos de níquel, cromo ou cádmio (*WOOD HANDBOOK*,1999).

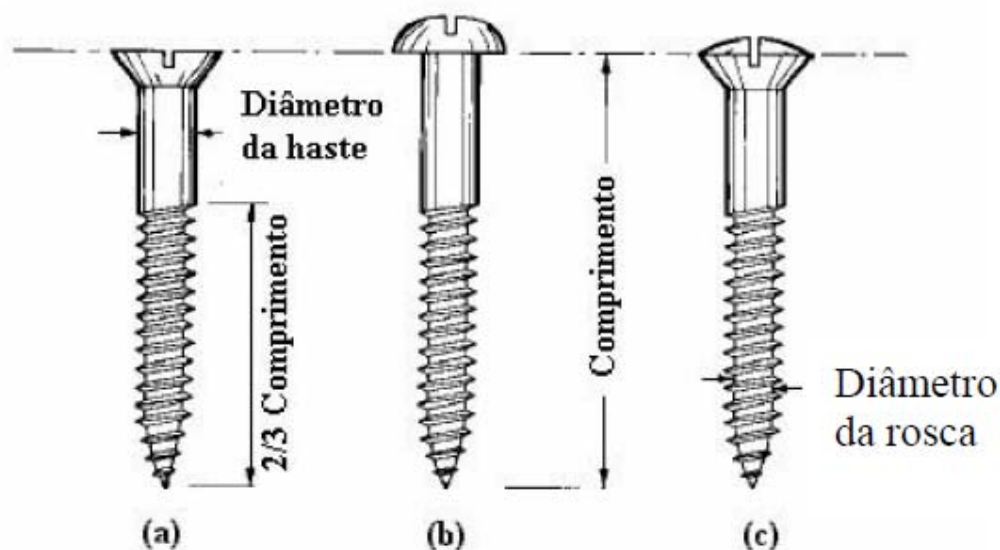


Figura 25 - Tipos de cabeças de parafusos

As especificações do *Wood Handbook* (1999) para os parafusos auto-atarraxantes de madeira estabelecem que o diâmetro da rosca é, normalmente, correspondente a $\frac{2}{3}$ do diâmetro da haste e, segundo AF&PA (1996), o comprimento da parte rosqueada deve ser no mínimo de $\frac{2}{3}$ do comprimento do parafuso.

A escolha do tipo de cabeça mais adequada nos parafusos auto-atarraxantes para madeira é feita em função do acabamento desejado para a superfície. Por

exemplo, quando uma superfície lisa é desejada, os parafusos usados devem ter a cabeça chata.

b) O parafuso auto-atarraxante de cabeça sextavada (Figura 26) e rosca soberba (*lag screw*), possui uma cabeça hexagonal e é inserido na madeira com chave inglesa. Segundo o Wood Handbook (1999), esses parafusos são encontrados, nos EUA, com diâmetros variando de 4,8mm a 25,4mm. No Brasil, estes parafusos auto-atarraxantes são encontrados com diâmetro da haste variando de 4,8mm a 12,7mm e são fabricados com aço SAE 1010 ou 1020 (com $f_y \approx 240$ MPa e $f_u \approx 480$ MPa) ou aço inox (com $f_y \approx 450$ MPa e $f_u \approx 700$ MPa).



Figura 26 - Parafuso Auto-atarraxante de cabeça sextavada (Rothoblass 2012)

c) Os parafusos auto-atarraxantes do tipo torx (*tapping screws*) são parafusos auto-atarraxantes fabricados com hastes esbeltas, de pequenos diâmetros, grandes e variados comprimentos para cada diâmetro. Segundo Blass e Bejtka (2001), as dimensões máximas encontradas para estes parafusos são diâmetro de 12 mm e comprimento de 600mm. O aço utilizado na fabricação desses pinos é de elevada resistência ao escoamento e à ruptura. Eles podem ser encontrados com rosca parcial ou total ao longo do comprimento, e também com vários tipos de pontas para furacão (Figura 27).



Figura 27 - Parafusos auto-atarraxantes do tipo torx (*tapping screws*) (Rothoblass 2012)



Figura 28 - Pontas auto perfurantes dos parafusos auto-atarraxantes do tipo torx (*tapping screws*) (Rothoblass 2012)

Os parafusos auto-atarraxantes tipo torx não são fabricados ou encontrados no Brasil. Correia (2002) realizou ensaios de arranchamento de ligações com esses parafusos inseridos em madeiras brasileiras, mas os parafusos utilizados foram importados.

Esses parafusos são, normalmente, inseridos na madeira sem pré-furação e são utilizados para resistir a esforços axiais. Eles estão sendo muito utilizados em estudos em vários países e têm demonstrado a elevada eficiência de ligações neste

sistema.

Este modelo de parafuso é geralmente utilizado para fixar peças mais robustas e submetidas a grandes esforços.

Os parafusos são normalmente revestidos para suportar os efeitos do tempo e não sofrerem nenhum tipo de dano de resistência.

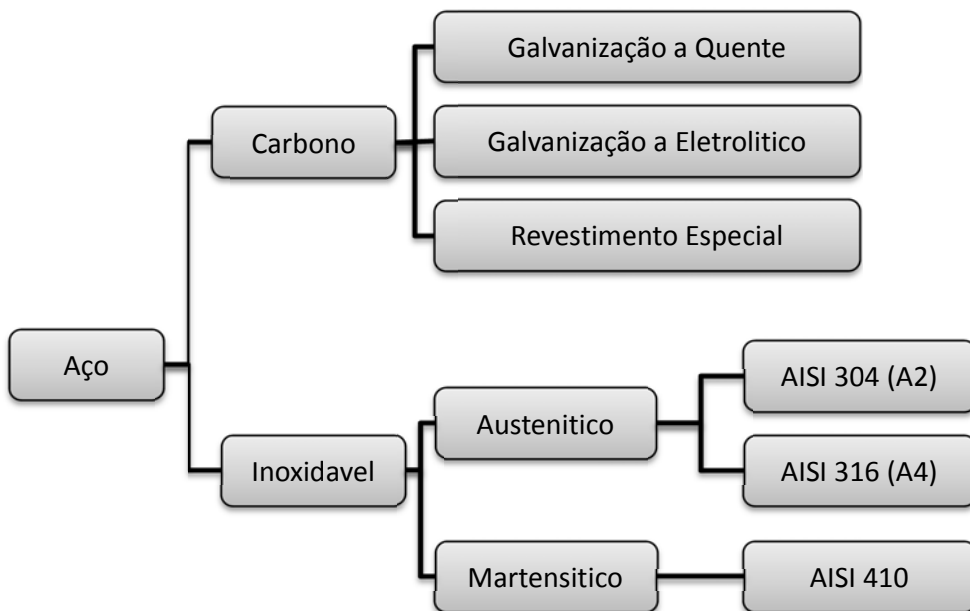


Figura 29 – Revestimento superficial dado ao parafuso (Rothoblass 2012)

Sua resistência depende também do revestimento superficial dado ao parafuso.

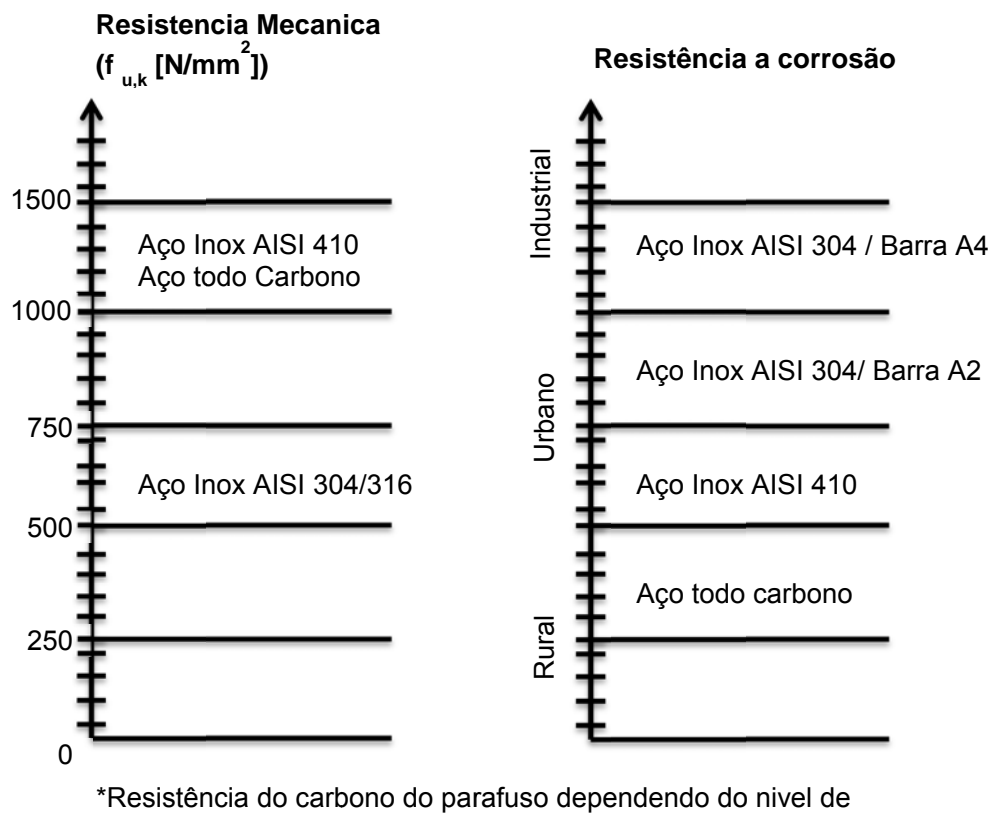


Figura 30 – Resistência do carbono do parafuso dependendo do nível de revestimento dado. (Rothoblass 2012)

A sua fabricação se dá a partir de fios de aço em bobinas produzidas em siderúrgicas; sua composição química se dá em função de sua utilização, diâmetro diferente de arame de aço para cada tipo de parafuso produzido e a retificação do fio de aço.



Figura 31 – Retificação do aço. (Rothoblass 2012)

Seu molde é diferente em função de cada geometria do parafuso; na figura 32 pode ser visualizada a estampa a frio da cabeça com o nome e o comprimento do parafuso.

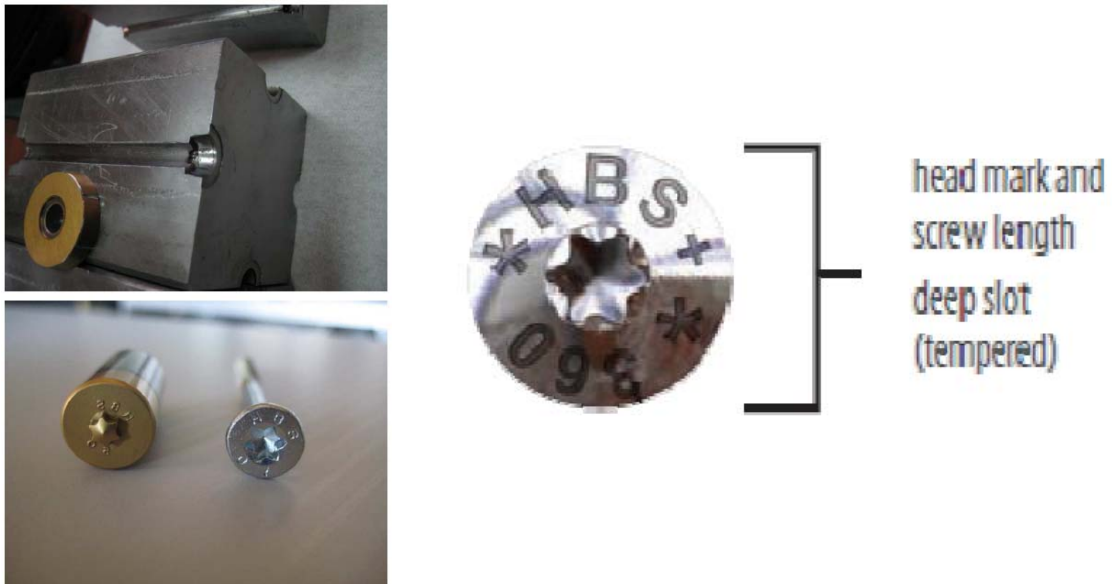


Figura 32 – Fabricação da cabeça (Rothoblass 2012)

Processo de filetagem do fio de aço.

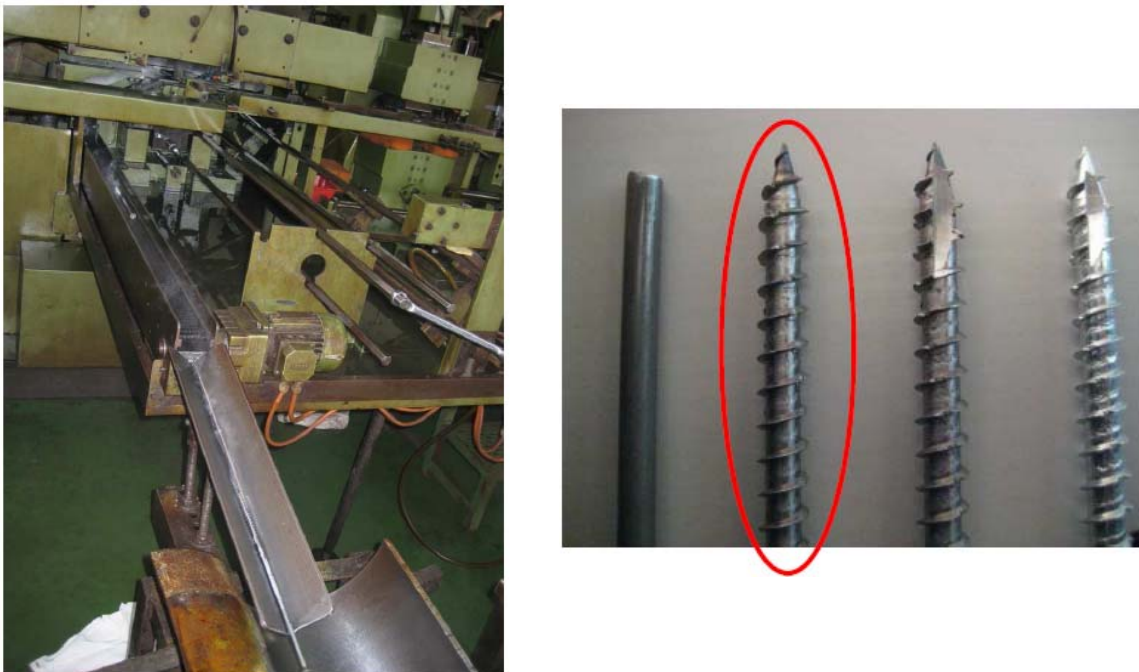


Figura 33 – Fabricação do filete (Rothoblass 2012)

O corte na ponta do parafuso é realizado com uma lâmina que faz a ponta auto perforante.

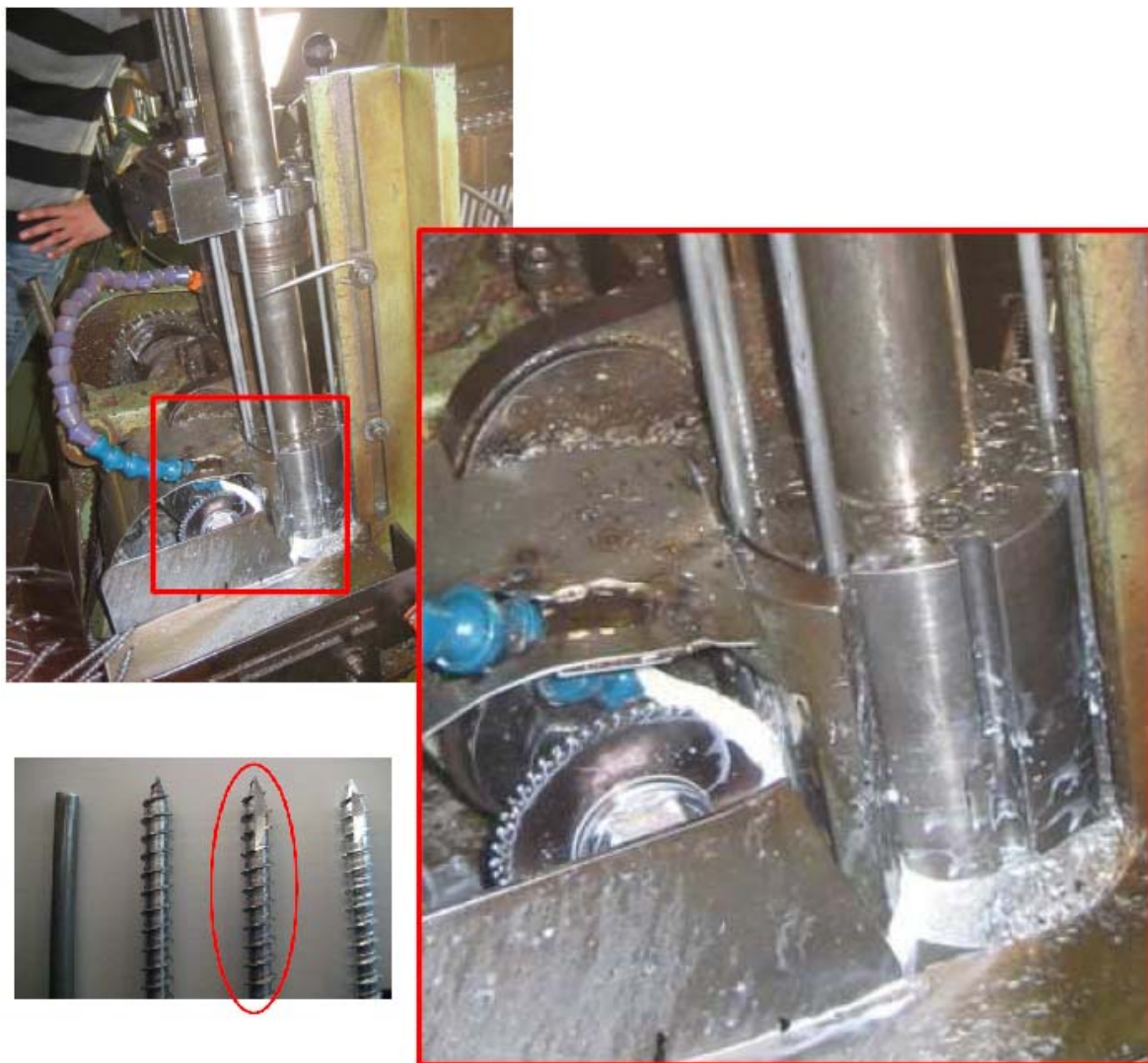


Figura 34 – Fabricação da ponta auto-atarraxante (Rothoblass 2012)



Figura 35 – Processo de Zincagem (Rothoblass 2012)

Processo de dupla imersão, muito importante para reduzir o atrito durante a inserção do parafuso.



Figura 36 – Processo de dupla imersão (Rothoblass 2012)

No presente trabalho serão avaliados dois diâmetros de parafusos auto-atarraxantes que não necessitam de pré-furação, modelo comercial VGZ de 9 e VGS de 11mm de diâmetro produzido pela empresa Rothoblaas, que está mostrado na abaixo.

GEOMETRIA PARAFUSO VGZ/VGS

| d1 [mm] | VGZ | | VGS | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 7,00 | 9,00 | 9,00 | 11,00 |
| TX | 30 | 40 | 40 | 50 |
| dk [mm] | 9,50 | 11,50 | 16,00 | 19,30 |
| d2 [mm] | 4,60 | 5,90 | 5,90 | 6,60 |
| ds [mm] | 5,00 | 6,50 | 6,50 | 7,70 |
| L-Ls [mm] | L - 25 | L - 25 | L - 25 | L - 35 |
| t1 [mm] | 5,50 | 5,50 | 6,50 | 8,20 |
| L [mm] | de 100 a 340 | de 160 a 500 | de 160 a 360 | de 100 a 600 |
| pré-furo [mm] | 4,00 | 5,00 | 5,00 | 6,00* |

* obrigatório pré-furo para parafusos $\geq \varnothing 11 \times 400$ mm

Figura 37 – Características dos parafusos utilizados (Rothoblaas 2012)

O parafuso de modelo comercial VGZ da empresa Rothoblaas é diferente dos demais modelos de parafusos *tapping screw*. Este tipo de parafuso é fabricado com aço de alta resistência e com enceracão superficial especial para reduzir o atrito durante o aparafusamento, o que garante uma maior eficiência nas ligações. Sua cabeça possui fenda tipo Torx apropriada para utilização de parafusadeira para uma melhor fixação. Na sua ponta final possui um filete com ponta fina, como se fosse uma broca, não precisando de pré-furação e também diminuindo a ruptura por lascas. Este parafuso é disponível em diversos comprimentos para um mesmo diâmetro, facilitando seu uso na fixação de qualquer elemento estrutural de madeira.

Normalmente, quando os parafusos auto-atarraxantes são usados para uma conexão entre vários elementos, são submetidos a tensões transversais de cisalhamento em planos perpendiculares ao eixo do parafuso. A parte rosqueada do parafuso tem uma seção transversal significativamente menor do que a parte da haste, por isso os parafusos submetidos a tensões de cisalhamento são menos resistentes.

A norma DIN 1052 (2000) leva em conta o aumento da resistência à tração causada pelo posicionamento, admitindo que, nestes casos, a resistência de corte pode ser aumentada em até 100% com relação à resistência normal.

É importante ressaltar que o efeito depende do ângulo de inclinação em que o parafuso é posicionado. A partir do momento em que a tensão começa, a posição inclinada dos parafusos provoca um componente de tensão combinado com um corte e arrancamento. A força paralela ao eixo do parafuso aumenta com a diminuição do ângulo de inclinação entre o parafuso e a fibra de madeira.

Na Figura 38 pode-se ver o mecanismo sugerido por Blass para resolver o problema.

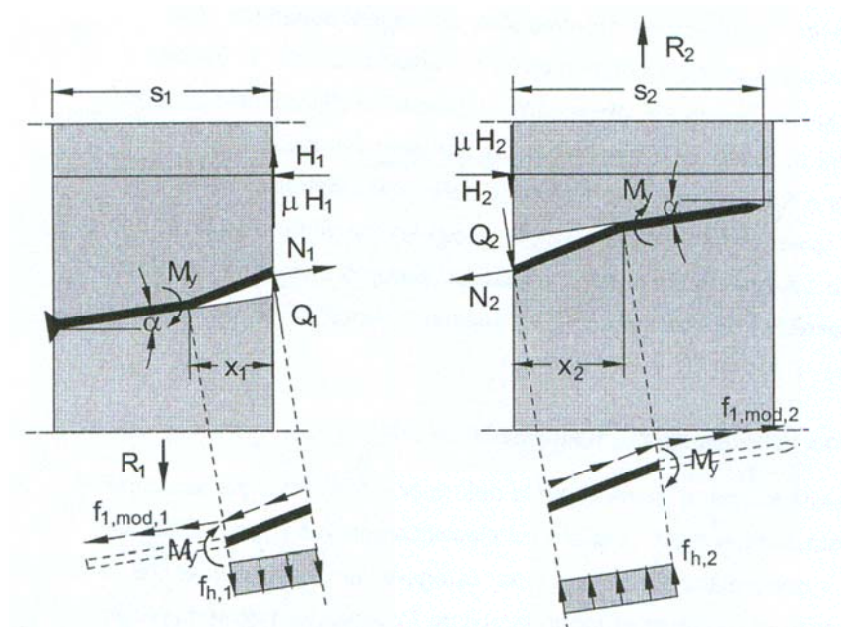


Figura 38 – Modelo de BLASS

A fórmula resultante é a seguinte:

$$R_{FM3} = R_{ax} \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + (1 - \mu \cdot \tan \alpha) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_y \cdot d \cdot f_{h,1} \cdot \cos^2 \alpha} \quad (1)$$

Onde os símbolos têm o seguinte significado, de acordo com o autor:

R_{ax} : menor valor de resistência de extração, fornecida pelo fabricante,

d : diâmetro nominal do parafuso,

μ : coeficiente de atrito entre os dois materiais, fornecido pelo fabricante,
 α : ângulo de inclinação entre o eixo do parafuso e a direção das fibras,
 β : razão entre as resistências à pressão lateral do orifício dos dois materiais,
 M_y : momento que provoca escoamento do parafuso, e,
 $f_{h,1}$: resistência à perfuração do parafuso.

Com o aumento do ângulo α , a tensão aumenta na solicitação de extração, enquanto a resistência ao cisalhamento diminui. Este modelo proposto por Blass foi validado com vários testes experimentais como parte de um projeto de pesquisa encomendado pelo Ministério Alemão de Edifícios e Estradas. Cada conjunto de corpo de prova continha oito parafusos de madeira laminada colada com um diâmetro de 7,5mm e um comprimento de 182 mm. O ângulo de inclinação varia de 0 a 45° em 15°. Em alguns experimentos, também tem minimizado o efeito de atrito entre os elementos com uma película de plástico. A Figura 39 mostra a configuração para um ensaio de um corpo de prova com oito parafusos inclinados.

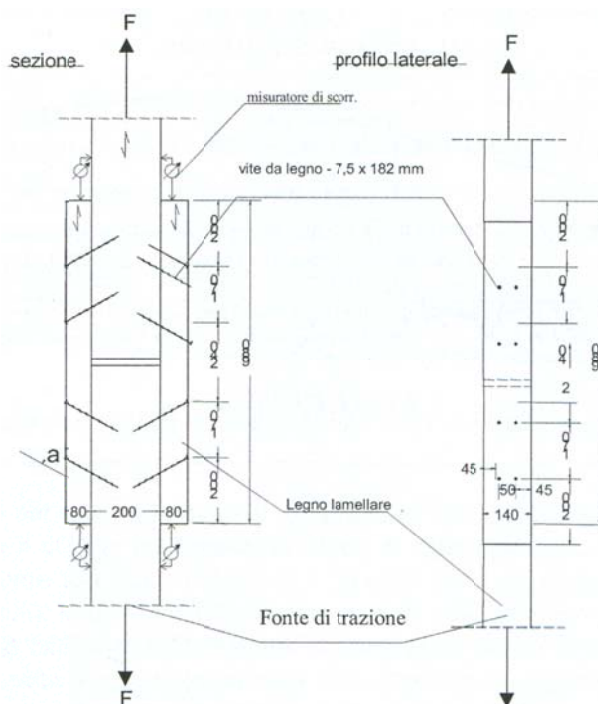


Figura 39 – Corpo de prova com oito parafusos auto-atarraxantes (H.J.Blass)

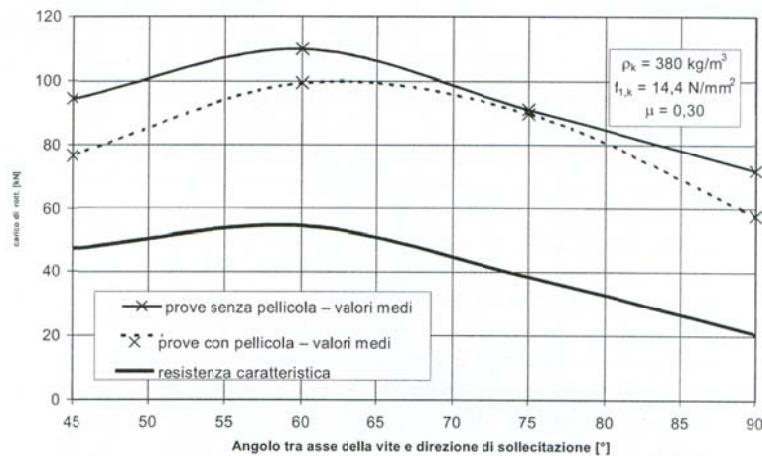


Figura 40 - Risultado Figura do ensaio (H.J.Blass)

Os valores máximos de resistência à tração foram registrados em um ângulo de $\alpha = 30^\circ$ o que equivale a cerca de 50% a mais do que a força medida para os parafusos inseridos perpendicularmente às fibras. A profundidade de inserção do parafuso na seção central caiu com o aumento do ângulo, assim na presença de ângulos mais elevados, a capacidade de resistência das forças de arrancamento foi menor. As resistências à tração, entretanto, são significativamente inferiores às medidas experimentalmente, e a relação entre os valores teóricos e os experimentais tendem a diminuir com ângulo de inclinação reduzido. Isto é devido à incidência do atrito por um lado, não considerados no modelo de cálculo. Vale também comentar que, com aumento do ângulo de inclinação do parafuso, aumenta significativamente o valor da rigidez da ligação. Parafusos com ângulo de inclinação de cerca de 50 têm uma maior rigidez em comparação com a conexão feita com parafusos perpendicular ao plano. Na Figura 41 observa-se a mudança em função do parafuso.

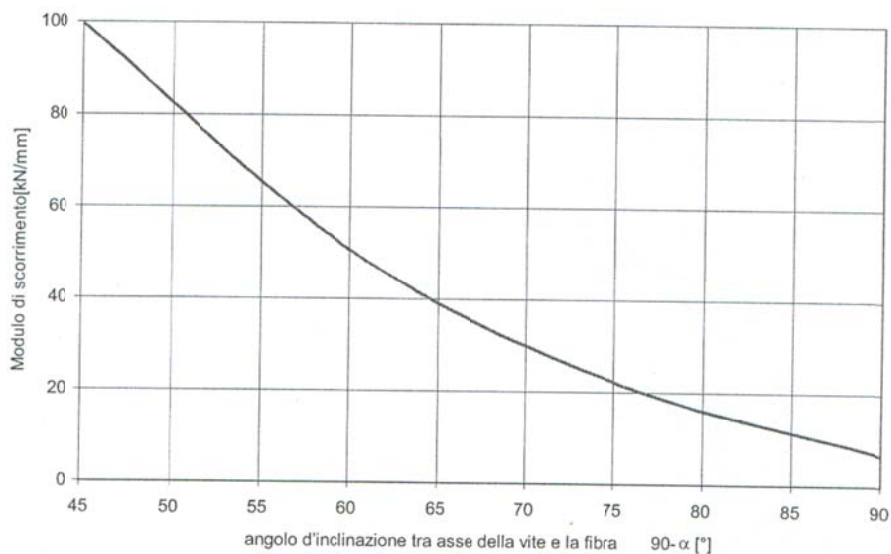


Figura 41 - Resultado Figura do ensaio (H.J.Blass)

MISCHLER (2000) desenvolve a possibilidade de utilização dos parafusos auto-atarraxantes como reforço estrutural ou como uma conexão. As maneiras de fixação dos parafusos seriam paralelas às fibras, perpendiculares às fibras, ou em ângulo de 45 graus.

Nesse artigo, o autor aponta como vantagens da utilização do parafuso auto-atarraxante, a simplicidade da ligação e a rapidez de execução, bem como a grande resistência obtida nas ligações. Um exemplo de montagem é apresentado na Figura 37.

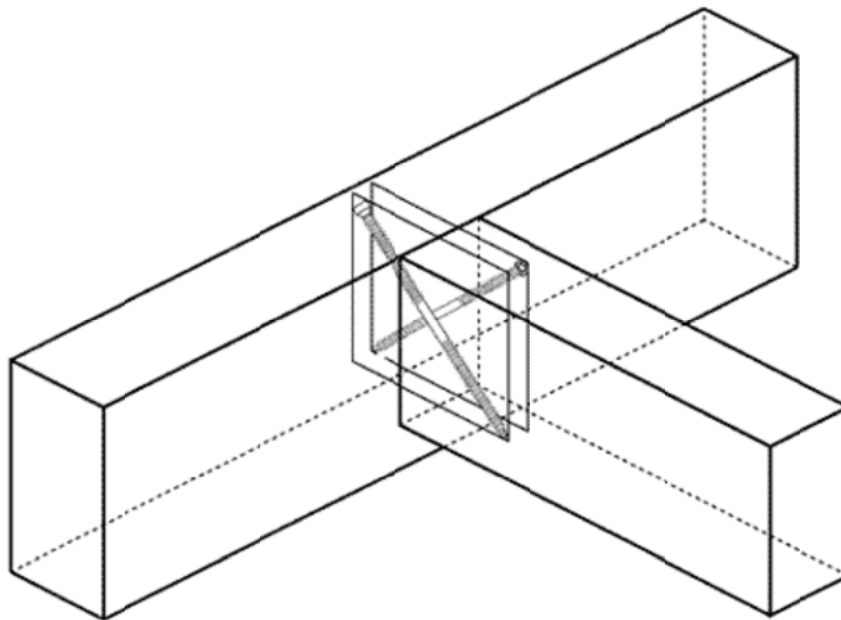


Figura 42 – Conexão WT, (Rothoblass 2012).

Esta ligação pode ser feita através de entalhe na viga principal, originando uma ligação esteticamente atraente. Assim, para ligações submetidas a esforços de maior magnitude, este tipo de ligação é mais vantajoso.

A Rothoblaas é uma empresa que atua na construção civil. Esta empresa tem diversas inovações técnicas, dentre elas os parafusos auto-atarraxantes. Foi desenvolvido um sistema denominado "WT" de ligações para estruturas de madeira, que possui como característica a grande facilidade na execução das ligações. As Figuras 43 e 44 mostram exemplos da utilização dos parafusos auto-atarraxantes.



Figura 43 – Montagem da conexão WT, (Rothoblaas 2012).

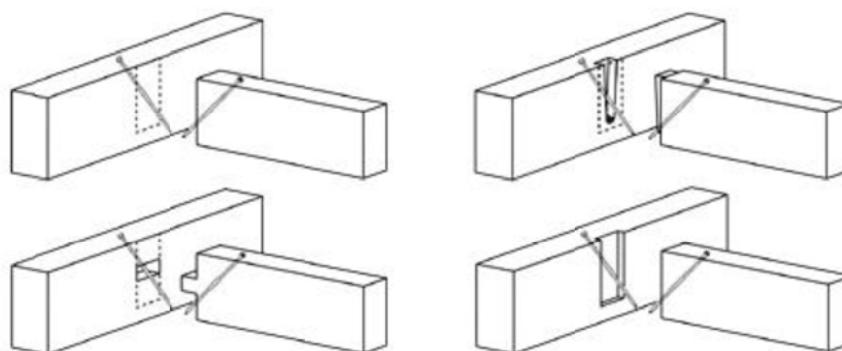


Figura 44 – Tipos de montagem da conexão WT, (Rothoblaas 2012).

Combinando-se o parafuso torx auto-atarraxante, uma base de fixação e a utilização de parafusadeira, obtêm-se rapidez nos processos produtivos e garantia de segurança, mesmo para trabalhos em posições incômodas; sendo a fixação do parafuso feita com torque correto e em uma única operação, sem a necessidade de pré-furação. A Figura 45 apresenta o sistema "WT" de ligações para parafusos auto-atarraxantes.



Figura 45 – Sistema WT, (Rothoblass 2012).

O posicionamento dos parafusos totalmente inseridos dentro da peça de madeira combina características estéticas aliadas à proteção e à resistência ao fogo, pois pode ser utilizado em situações críticas de segurança.



Figura 46 – Sistema WT, (Rothoblass 2012).



Figura 47 – 1 Coberturas (Fonte: Rothoblass 2012)



Figura 48 – 2 Edifícios de Madeira (Fonte: Rothoblass 2012)

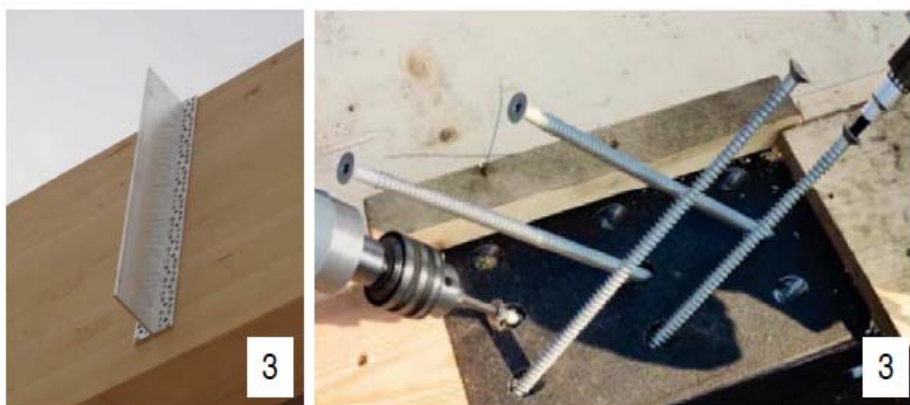


Figura 49 – 3 Placas de Metal para junções (Fonte: Rothoblass 2012)



Figura 50 – 4 Fixações de isolamento (Fonte: Rothoblass 2012)



Figura 51 – 5 Decking (Fonte: Rothoblass 2012)

3.4 A normalização dos parafusos auto-atarraxantes

Como foi visto anteriormente os parafusos auto-atarraxantes não são fabricados ou encontrados no Brasil e seu uso é pequeno devido a não existências de normas ou muitos trabalhos a respeito. Por esse motivo foi feita uma pesquisa normativa para verificar quais são as diferenças entre a norma Brasileira entre outras, e o que deveria ser adotado para a utilização desses parafusos no Brasil.

Com isso, espera-se com esta pesquisa, propor os critérios de resistência e de aplicação deste tipo de parafuso com espécies de reflorestamento nacionais e um texto preliminar para a normalização brasileira deste tipo de ligação.

Como foi visto anteriormente, os parafusos auto-atarraxantes não são fabricados no Brasil; seu uso é restrito devido a não existência de normas ou estudos a respeito. Por esse motivo, foi feita uma pesquisa normativa para verificar as diferenças entre a norma brasileira da utilização de parafusos e as normas internacionais empregadas na utilização de parafusos auto-atarraxantes, e, o que deveria ser adotado para a utilização desses parafusos no Brasil.

O objetivo desta pesquisa é propor critérios de resistência e de aplicação deste tipo de parafuso nas espécies de reflorestamento nacional, e um texto preliminar para a normalização brasileira deste tipo de ligação.

A Norma Brasileira NBR 7190, descreve que a resistência R de uma ligação, é determinada convencionalmente pela força aplicada a um corpo de prova padronizado, que provoca na ligação uma deformação específica residual de 2‰.

Para esta finalidade, a deformação específica residual da ligação é medida a partir da intersecção com o eixo das deformações da reta secante. A partir desta intersecção constrói-se a paralela afastada de 2‰ até sua intersecção, com o diagrama força deformação específica da ligação. A força correspondente assim determinada, é definida como a resistência R da ligação. A deformação específica da ligação ε é definida pela razão entre o deslocamento relativo Δu e o comprimento da base de medida padronizada (L_0), sendo dada por:

$$\varepsilon = \frac{\Delta u}{L_0} \quad (2)$$

A norma europeia EN 26891 - 1992 descreve que a força deve ser aplicada a $0,4 F_{est}$ (F_{est} : força máxima estimada em Newton (N)), e mantida durante 30 s. Em seguida, ser reduzido a $0,1 F_{est}$ e mantida por 30 s. Depois aumentada até ser alcançada a ruptura ou um deslizamento de força final de 15mm. O carregamento antes de atingir $0,7 F_{est}$, deve ser realizado com força constante correspondente a $0,2 F_{est}$ por minuto $\pm 25\%$. Acima de $0,7 F_{est}$ deve ser usada velocidade de deslocamento constante, ajustada de modo a atingir a força final ou um deslizamento de 15 mm em um período de teste adicional de 3 a 5 minutos (tempo total de teste de 10 a 15 min). O teste pode ser interrompido quando chegar à força final, ou quando o deslizamento for de 15mm. A força máxima alcançada em um

deslocamento de 15mm deverá ser registrada como a força máxima F_{max} , para cada ensaio.

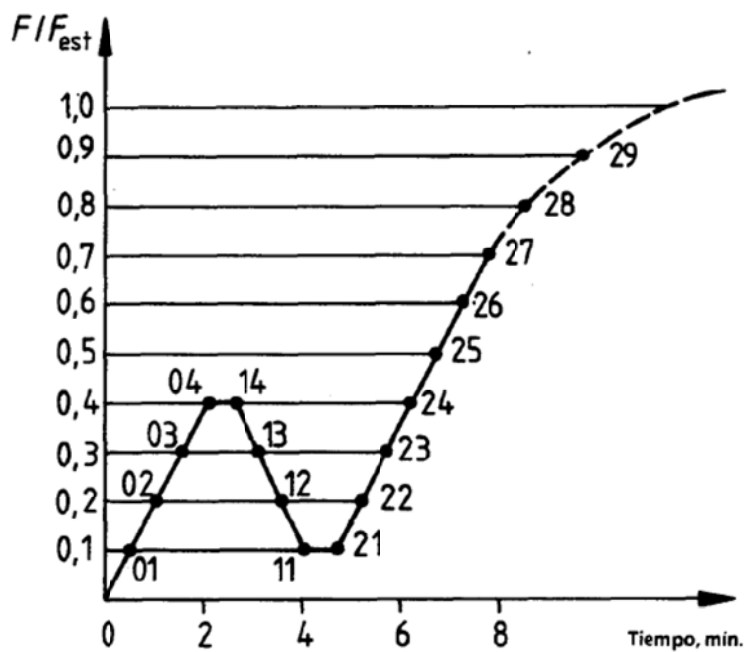


Figura 52 – Procedimento de Força, UNE – EN 26891

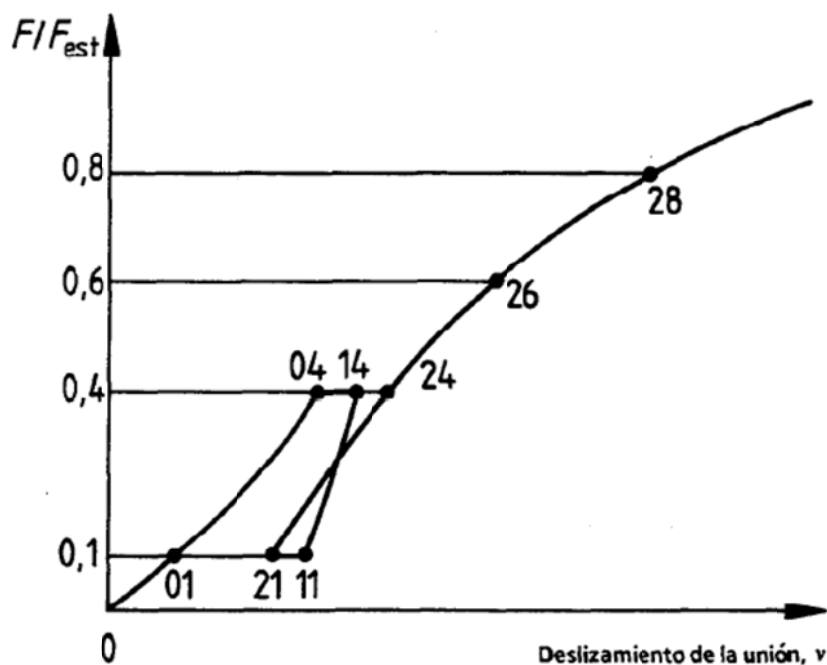


Figura 53 – Medições e curva teórica de deslizamento. UNE – EM 26891

A norma americana ASTM D1761-2006 descreve que para o teste de uma articulação paralela à grã durante o carregamento de compressão, é utilizado um bloco de rolamento esférico na aplicação da força, medindo a deformação e o deslizamento em incrementos sucessivos de força utilizando relógios comparadores de precisão de 0,001 polegadas (0,025mm) ou outro dispositivo adequado. As articulações também podem ser testadas na tração e em muitos casos isso vai ser tão ou mais representativo do comportamento em serviço. Um projeto adequado das extremidades dos elementos em que as forças de tração são aplicadas é necessário para garantir a falha na ligação comum em vez do escorregamento na garra. Relógios comparadores de leitura com um mínimo de 0,001 polegada (0,025mm) ou outros dispositivos equivalentes são necessários para medir o deslocamento.

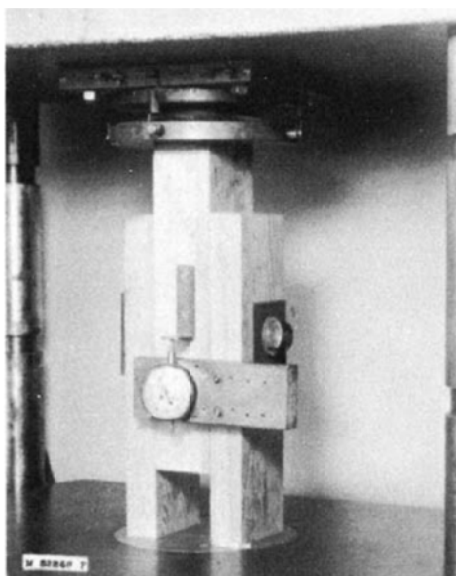


Figura 54 – Corpo de prova para teste de parafusos auto-atarraxantes.

A deformação da ligação é medida desde o início da aplicação da força e deve-se fazer as leituras de deslocamento em intervalos de força suficientemente frequentes, para permitir a criação de uma curva força/deformação precisa. Em um conector de conjunto, a força associada ao relaxamento da primeira força é comumente associada ao cisalhamento do núcleo dentro do conector. Continua-se o teste até que se atinja a força máxima ou uma deformação total de 0,60 polegadas

(15mm) seja atingida. Registra-se a força máxima. A velocidade do ensaio a se conduzir para se obter a força máxima deve ser da ordem de 10 min., não devendo ser inferior a 5 ou superior a 20 min. A taxa de deslocamento da máquina de ensaio deve ser de 0,035 polegadas (0,9mm) / 6 min. 50% geralmente permitindo o alcance da força máxima, no tempo previsto. Registre a velocidade.

A Norma Alemã DIN1052-2004 descreve que em articulações para suporte de força parafusada deve haver pelo menos quatro planos de cisalhamento, onde o diâmetro do parafuso é de 10 mm ou mais, exceto, onde pelo menos quatro peças de madeiras são necessárias para serem conectadas a um membro. O estado limite se aplica a parafusos de madeira com um diâmetro menor que 10 mm, quando a linha de ação da força é perpendicular ou em mesmo ângulo da grã, enquanto que os valores serão reduzidos para parafusos com diâmetro de 10mm ou mais. A profundidade do envolvimento será pelo menos igual a 8 vezes o diâmetro do parafuso. Quando o cálculo da ligação não permitir tal profundidade, a força admissível deve ser reduzida pela razão entre a profundidade real e o valor de projeto. Profundidades de envolvimento com menos de 4 vezes o diâmetro do parafuso não serão aceitáveis.

A norma chilena NCh 1198-2006 descreve que quando um parafuso está sujeito a uma combinação de esforços em uma extração direta e lateral, uma situação que ocorre quando o parafuso é orientado perpendicularmente à direção das fibras e a força atua em um ângulo Θ com relação à superfície da madeira, se deve analisar ambas as situações independentes.

Dentre as normas descritas acima a única que aborda os parafusos auto-atarraxantes na utilização de ligações feitas em "X" para calculo estrutural é a norma europeia EN 1995-1-1:2009; a abordagem desse tipo de ligação é da seguinte maneira:

Para ligações com parafusos auto-atarraxantes:

- $6 \leq d \leq 12$ mm

- $0,6 \leq d_1/d \leq 0,75$

Onde:

d é o diâmetro externo do parafuso

d_1 é o diâmetro interno do parafuso

A capacidade de ligação é descrita por:

$$F_{ax,k,Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} d l_{ef} k_d}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \quad (3)$$

Onde:

$$n_{ef} = n^{0,9} \quad (4)$$

$$f_{ax,k} = 0,52 d^{-0,5} l_{ef}^{-0,1} \rho_k^{0,8} \quad (5)$$

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8}, 1 \right\} \quad (\text{mm}) \quad (6)$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$: Capacidade de resistência de ligação com o ângulo α em relação a fibra da madeira;

$f_{ax,k}$: Capacidade de força perpendicular com a fibra, em N/mm²;

n_{ef} : numero efetivo de parafusos;

l_{ef} : o comprimento da penetração do parafuso, em mm;

ρ_k : a densidade característica, em kg/m³;

α : o ângulo entre o parafuso e a direção da fibra, onde $\alpha \geq 30^\circ$.

Porém, quando o parafuso não satisfaz às condições da norma, a capacidade de resistência da ligação $F_{ax,\alpha,Rk}$ é dada por:

$$F_{ax,k,Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} d l_{ef}}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \quad (7)$$

Onde:

$$f_{ax,k} = \frac{F_{\max}}{d l_p} \quad (8)$$

ρ_a : densidade da madeira a ser utilizada na umidade ambiente a qual vai ser utilizada.

F_{\max} : força máxima de arrancamento perpendicular à fibra. (EN 1382)

3.5 Análise numérica

Atualmente, com o avanço dos microcomputadores e dos *softwares*, estudos de caráter numérico têm ocorrido com maior frequência. Dentre as ferramentas existentes para análise numérica destacam-se programas comerciais ou *softwares* específicos (SAP2000, ANSYS, ABAQUS, ADYNA etc.) desenvolvidos com base no Método dos Elementos Finitos. Esses *softwares* possibilitam reproduzir numericamente o comportamento das estruturas, evitando-se custos inerentes à realização de ensaios experimentais sem a necessidade do desenvolvimento analítico, em geral descritos por equacionamentos custosos, em razão da considerável complexidade da análise nos campos das tensões e das deformações.

3.6 Considerações finais

A revisão bibliográfica apresentada evidencia, a partir das consultas nas diversas bases de dados, que o tema da presente tese não foi objeto de abordagem em trabalhos anteriormente desenvolvidos. Assim, configura-se a originalidade requerida para uma tese de doutorado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação experimental é uma das fases mais importantes da pesquisa, ela permite a observação direta dos fenômenos em estudo e constitui uma ferramenta indispensável para a verificação de todos os modelos teóricos utilizados para representar um comportamento particular.

O estudo de modelos físicos é, portanto, um passo necessário para a identificação do comportamento dos sistemas sob análise numérica teórica. Este aspecto é ainda de maior importância, tendo em vista a anisotropia considerável de estruturas de madeira do material.

A investigação experimental conduzida nesta tese tem como objetivo analisar uma conexão feita com parafusos auto-atarraxantes, o que garante alta rigidez e excelente ductilidade. Tal pesquisa foi realizada através da execução de ensaios de cisalhamento, buscando os melhores conectores disponíveis.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas duas espécies de madeiras de reflorestamento sendo uma conífera *Pinus oocarpa* e uma folhosa *Lyptus*, foram escolhidas essas duas espécies, pois são as mais utilizadas nas indústrias brasileiras, e dois diâmetros de parafusos auto-atarraxantes que não necessitam de pré-furação, modelo comercial VGZ de 9 mm e VGS de 11 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento da empresa Rothoblaas, por serem os dois parafusos mais utilizados na Europa.

VGZ/NGS
PARAFUSOS TODO ROSCA
Ø 7 - 11 mm

CE

UNIVERSIDADE DO OESTE DO PARANÁ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CARRETA LARADA VGS

CARRETA CILÍNDRICA VGZ

Fácil inserção oculta

TX

Insero TX muito profundo e geometria optimal para uma pega maior

Parafusos todo-rosca para ligações madeira-madeira e madeira-aço

Possibilidade de ligação a elementos de aço perfilado

Diâmetros otimizados para secções reduzidas

Encargem especial superficial para reduzir o atrito durante o aparafusamento

Revestimento com cromo trivalente Cr³⁺, uma substância não tóxica em substituição do cromo hexavalente Cr⁶⁺

Passo rápido da rosca

Rosca profunda para resistencia à extracção elevada

Bronca saca-rolhas para uma pega inicial melhor

Recuo da broca auto-perfurante para introdução exacta

Figura 55 – Parafuso Auto-atarraxante VGZ, (Rothoblass 2012).

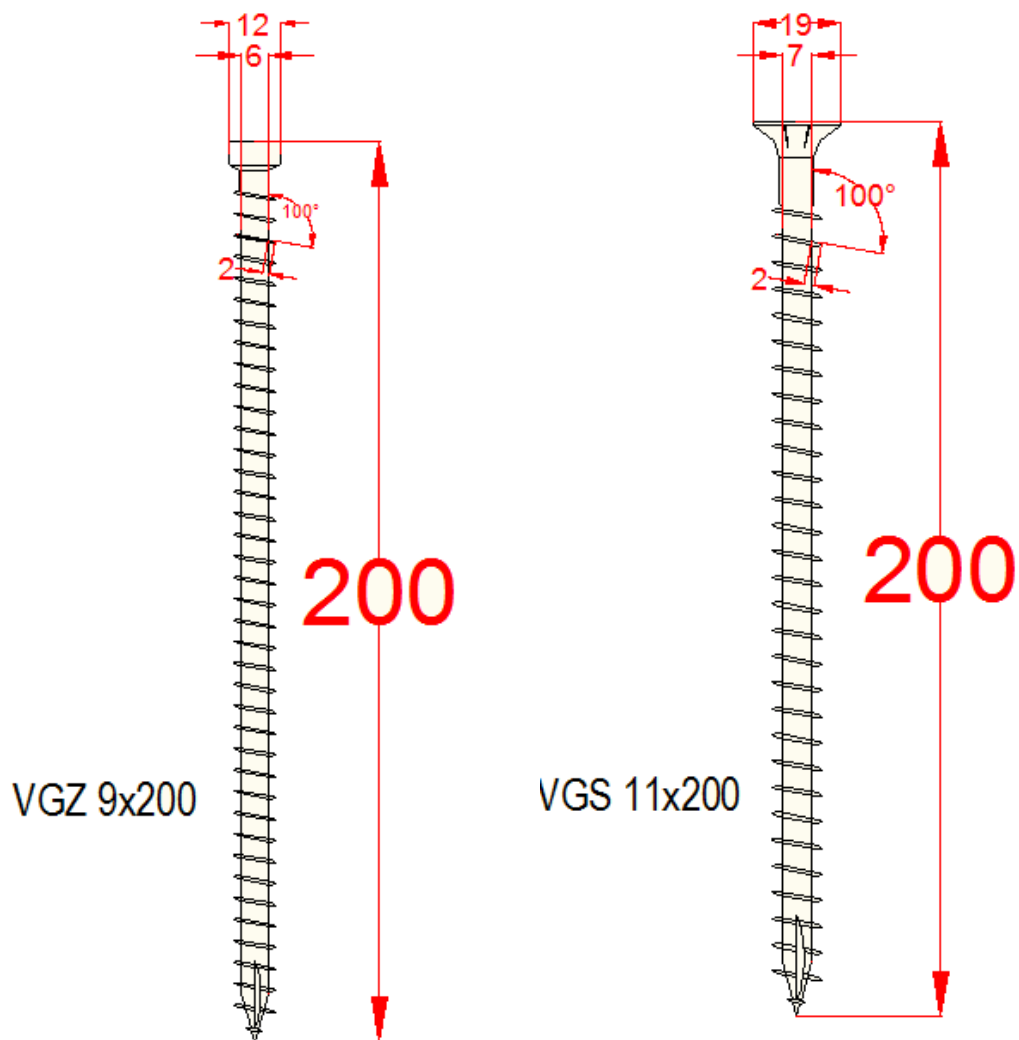


Figura 56 – Parafusos Auto-atarraxantes de 9 mm e 11mm respectivamente (Rothoblass 2012)

Os métodos de ensaios seguirão as especificações da ABNT NBR7190/1997. As resistências características ao corte serão calculadas considerando-se um ângulo α entre a força e as fibras, equivalente a 0°, 90° e 45°, como mostra a Figura 57.

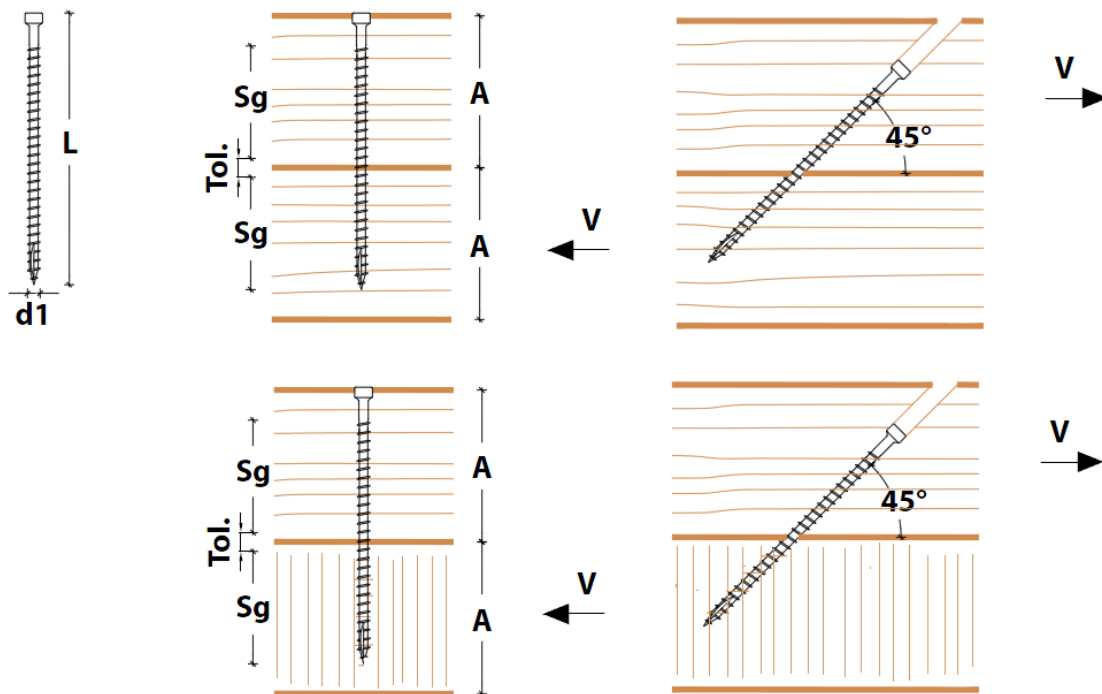


Figura 57 – Método de ensaio conforme a inclinação das fibras, Catálogo Rothblaas.

A resistência R da ligação será determinada convencionalmente pela força aplicada a um corpo de prova padronizado que provoca na ligação uma deformação específica residual de 2‰ (NBR7190/1997).

Para esta finalidade, a deformação específica residual da ligação é medida a partir da intersecção com o eixo das deformações da reta secante, definida pelos valores $(F_{71}; \varepsilon_{71})$ e $(F_{85}; \varepsilon_{85})$ do diagrama força deformação específica, mostrados na Figura 58 e determinados pelos pontos 71 e 85 do diagrama de carregamento da Figura 59. A partir desta intersecção constrói-se a paralela afastada de 2‰ até sua intersecção com o diagrama força deformação específica da ligação. A força correspondente assim determinada é definida como a resistência R da ligação.

A deformação específica da ligação ε é definida pela razão entre o deslocamento relativo Δu e o comprimento da base de medida padronizada (L_0), sendo dada por:

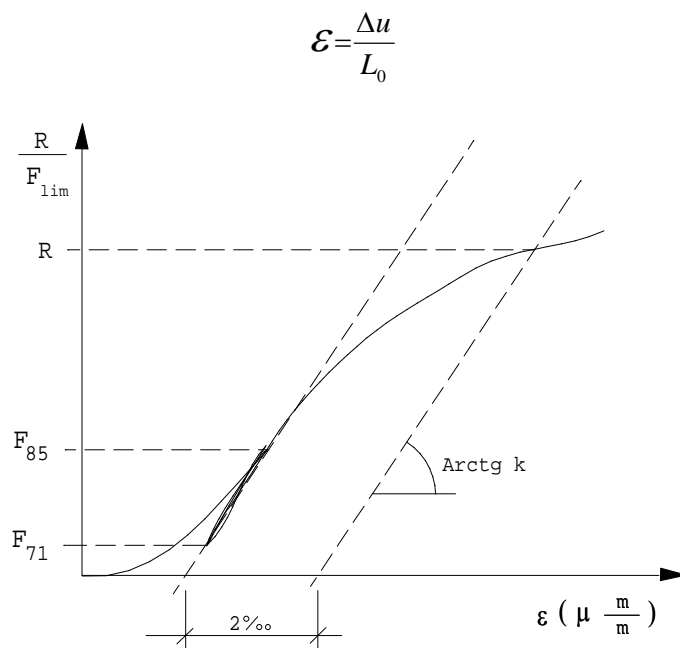


Figura 58 – Diagrama força deformação específica da ligação

Para a determinação da resistência das ligações o carregamento deve ser aplicado de acordo com o diagrama da Figura 59. Para isso, deve-se inicialmente determinar a força limite da ligação pelo ensaio de um corpo de prova.

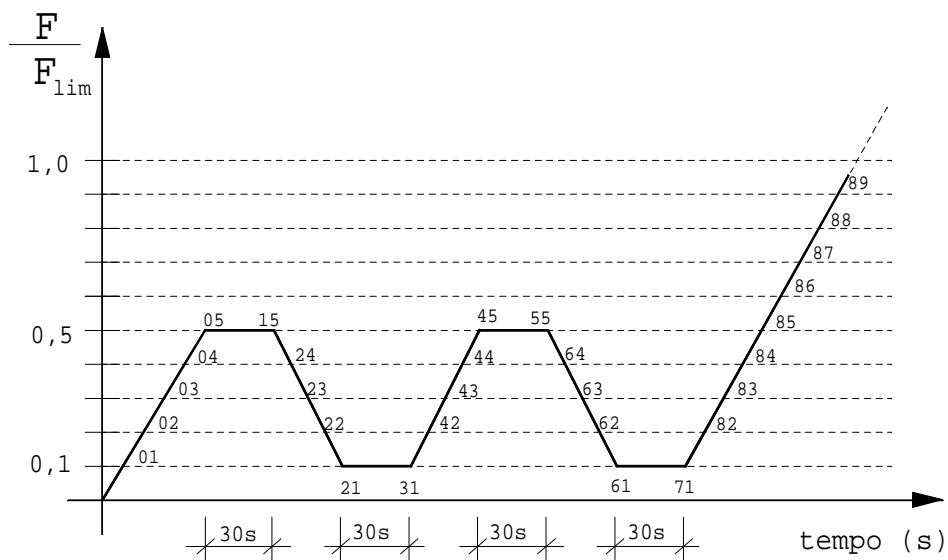


Figura 59 – Diagrama de carregamento

Para efeito de comparação, será também avaliada a resistência da ligação segundo as normas americanas e europeias que preconizam a resistência da ligação como sendo, ou a ruptura, ou o deslocamento entre elementos de 15 mm, sendo adotado o menor.

Para esta análise serão feitos três tipos de ensaios de parafusos auto-atarraxantes, parafusos inclinados a 45 e a 90 graus, com as fibras horizontais e verticais. Serão ensaiados 6 corpos de prova para cada ensaio, totalizando 64 corpos de prova para cada espécie como representado nas Figuras 60, 61, 62 e 63.

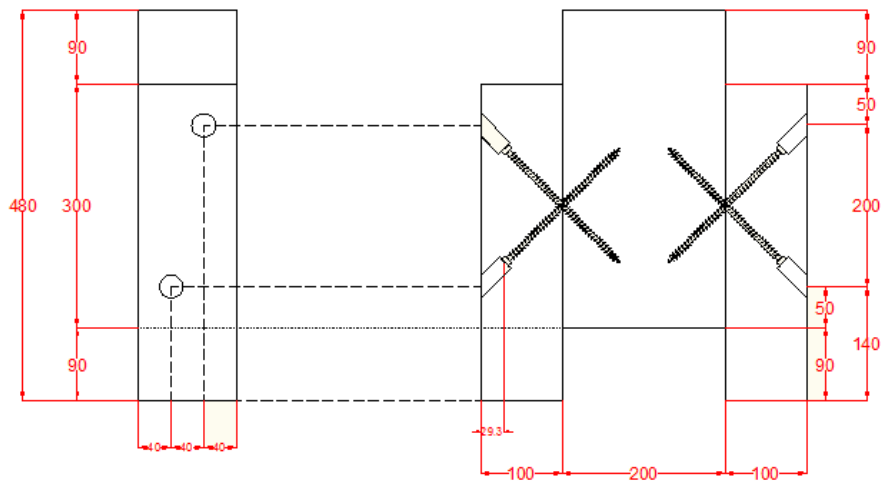


Figura 60 – Corpo de prova com parafusos auto-atarraxantes inclinados a 45 graus para 9 mm e 11mm de diâmetro.

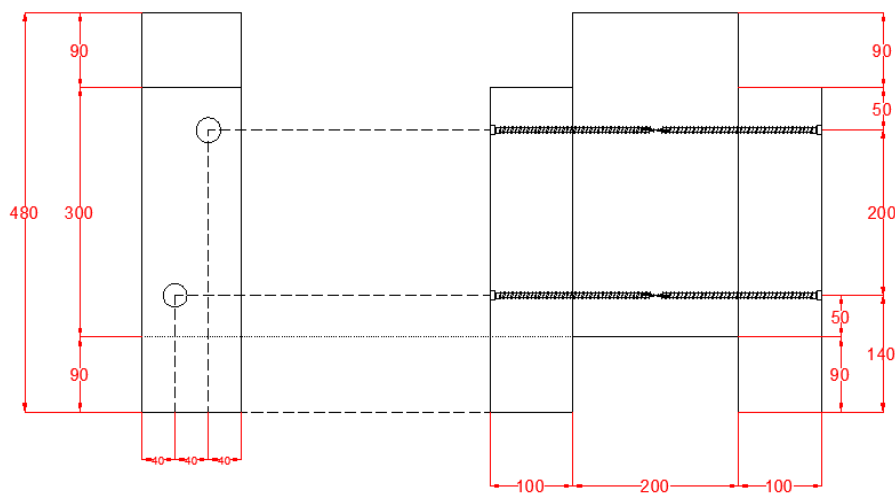


Figura 61– Corpo de prova com parafusos auto-atarraxantes perpendicular às fibras de 9 mm e 11 mm de diâmetro.



Figura 62 – Corpos de prova de Pinus e Lyptus com a fibra vertical.



Figura 63 – Corpos de prova de Lyptus e Pinus com a fibra horizontal.

O sistema de aquisição de dados externos utilizado foi o SYSTEM 5000, com 20 canais, onde três deles foram utilizados para a recepção dos sinais, sendo um para a célula de força, e os outros dois para os transdutores de deslocamentos. Foi feita uma programação para registrar o deslocamento a cada 1 segundo.

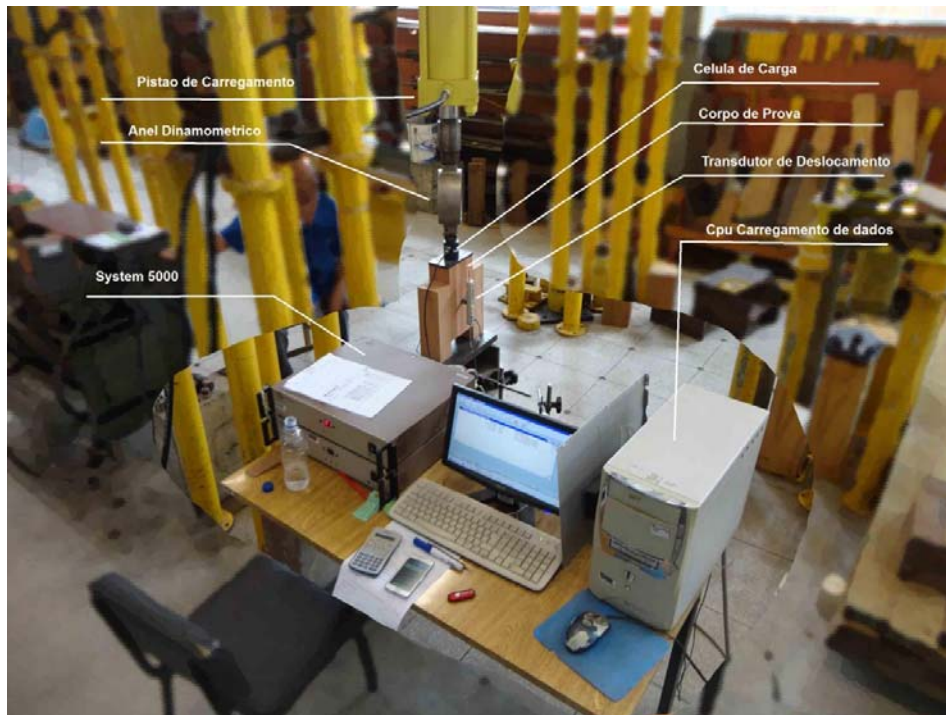


Figura 64 – SYSTEM 5000.

4.1 Preparação dos corpos de prova.

A madeira laminada colada de *Pinus Oocarpa* com adesivo Fenol Resorcinol empregada na confecção dos corpos de prova foi doada pela empresa Catalana Artefatos de Madeira – CAM e a madeira laminada colada de Lyptus com o adesivo Poliuretano foi doada pela empresa Ita Construtora.

Foram produzidos no total 96 corpos de prova sendo 6 corpos de prova para cada situação mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Configuração dos corpos de prova para os ensaios.

| Espécie | Parafuso | Inclinação do parafuso | Inclinação da Fibra | |
|---------|----------|------------------------|---------------------|------------|
| Pinus | 9 | 45 | Vertical | Horizontal |
| | 9 | 90 | Vertical | Horizontal |
| Lyptus | 11 | 45 | Vertical | Horizontal |
| | 11 | 90 | Vertical | Horizontal |

Como já foi descrito anteriormente os parafusos auto-atarraxantes são normalmente utilizados em países europeus e norte americanos, onde a principal madeira utilizada é a madeira de conífera de baixa densidade, 350 kg/m^3 . O Brasil tem uma grande diversidade de espécies de alta densidade para a utilização na construção civil e um dos principais tópicos deste trabalho foi de verificar se este mesmo parafuso pode ser utilizado em madeiras mais densas.

"Para a confecção dos corpos de prova, foi utilizada uma furadeira DeWALT modelo DW130V-B2 de 5/8". Na madeira de Pinus utilizada (densidade de 500 kg/m^3) não houve problemas ao auto-atarraxar o parafuso sem pré-furação, o comportamento do parafuso foi muito bom, podendo ser retirado e recolocado sem qualquer dano.



Figura 65 – Confecção dos corpos de prova de Pinus.

Para a madeira de Lyptus (densidade de 637 kg/m^3) por ser uma madeira mais densa, o comportamento do parafuso não foi tão bom quanto esperado. Para os corpos de prova de inclinação de parafuso a 90° , a madeira teve uma boa aceitação de auto-atarraxe, sem precisar de pré-furação, porém quando feitos deste modo, era impossível retirar ou recolocar o parafuso. Os parafusos a 45° precisavam ser bem posicionados necessitando de uma guia para não perder a inclinação

durante a furação, além disso, correndo o risco do parafuso parar no meio da furação e não sair ou entrar. Por esses motivos fez-se então a pré-furação somente na parte externa de todos os corpos de prova confeccionados com a madeira de Lyptus, garantindo assim uma inclinação perfeita e mais segurança no ensaio.



Figura 66 – Pré-furação corpo de prova de Lyptus.



Figura 67 – Confeção dos corpos de prova de Lyptus.

5 RESULTADOS DOS ENSAIOS ESTÁTICOS

Cada corpo de prova submetido ao carregamento foi carregado inicialmente até atingir a força de referência F50%; manteve-se então por 30 segundos, logo em seguida abaixou-se para a força de referencia F10%, manteve-se 30 segundos e por fim elevou-se a força até a ruptura.

As Figuras força-deslocamento de cada corpo de prova estão apresentadas no Apêndice A deste texto. A partir dos resultados foram calculadas a resistências últimas da ligação pelo critério da NBR 7190/1997.

5.1 Ensaio com parafuso de 9mm com a fibra na vertical

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova com inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 68.

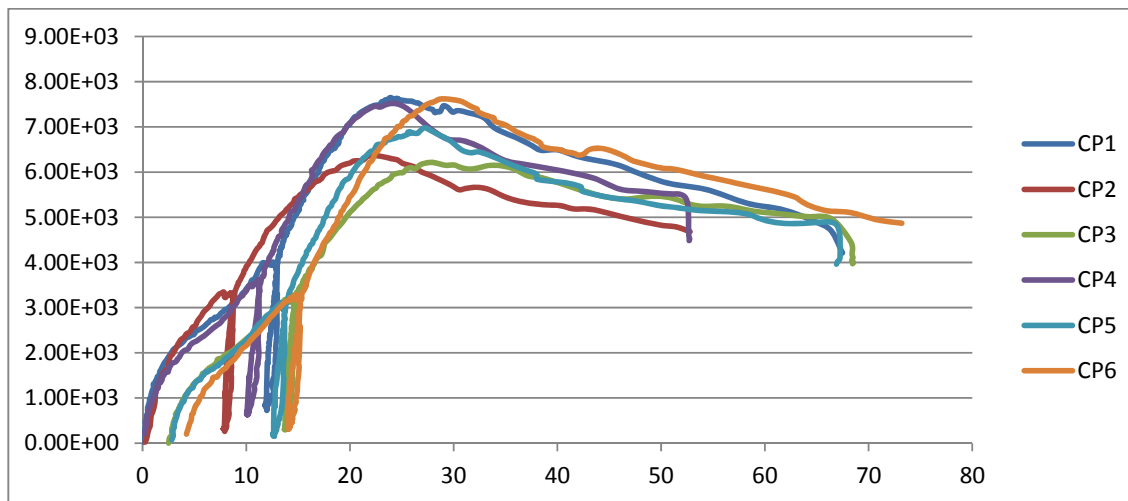


Figura 68 – Resultados dos corpos de prova de Pinus com parafusos de 9 mm, inclinação de 90° com fibras verticais (N/mm).

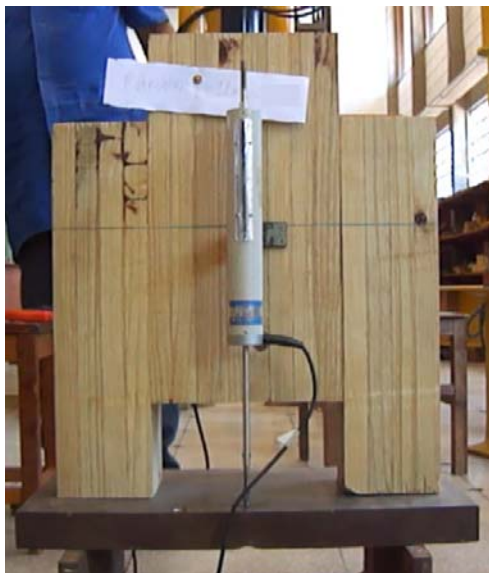


Figura 69 – Corpo de Prova de Pinus a 90°.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 2 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|------|-------|------|------|------|------|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 44,1 | 35,28 | 34,3 | 39,2 | 34,3 | 36,7 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 70.

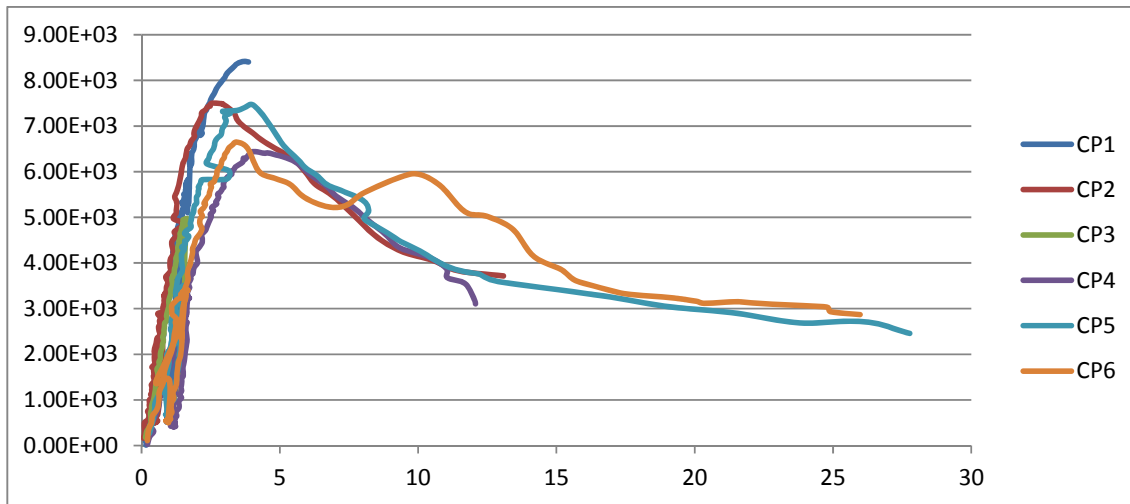


Figura 70 – Resultados dos corpos de prova de Pinus parafusos de 9 mm, inclinação de 45° com fibras verticais (N/mm).



Figura 71 – Corpo de Prova de Pinus a 45°.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 3 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| kN | 68,6 | 68,6 | 63,7 | 55,9 | 63,7 | 63,7 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 90°, utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 72.

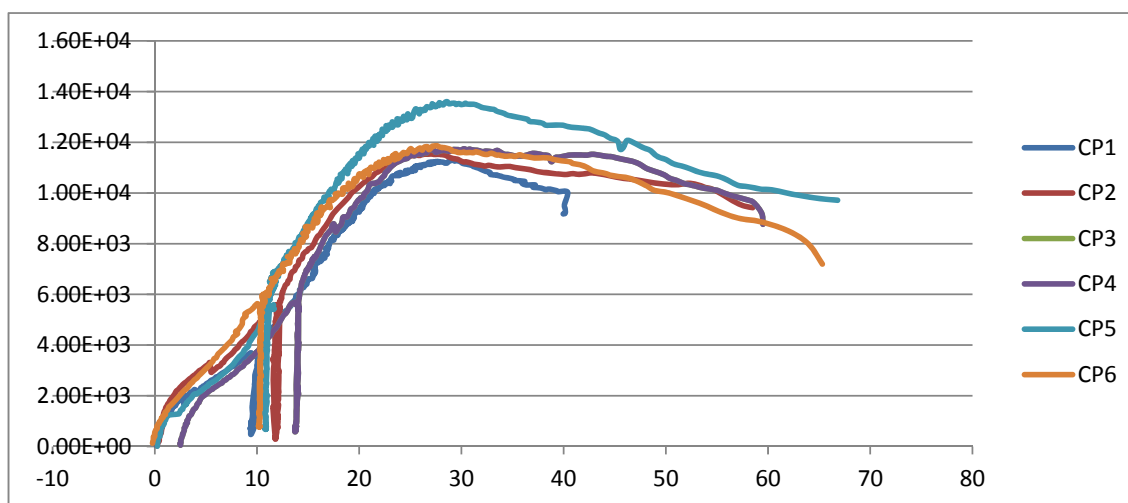


Figura 72 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 9 mm, inclinação de 90° com fibras verticais (N/mm).



Figura 73 – Corpo de Prova de Lyptus a 90°

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 4 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|----|------|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 41,6 | 75,9 | 68,6 | 68,6 | 71 | 58,8 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 74.

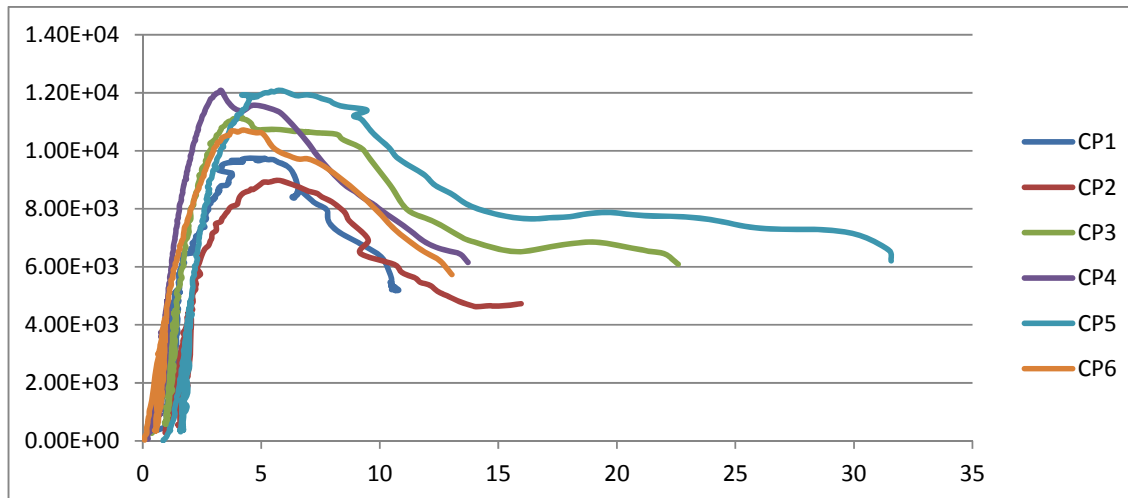


Figura 74 – Resultados dos corpos de prova de Pinus parafusos de 9mm, inclinação de 45° com fibras verticais (N/mm).

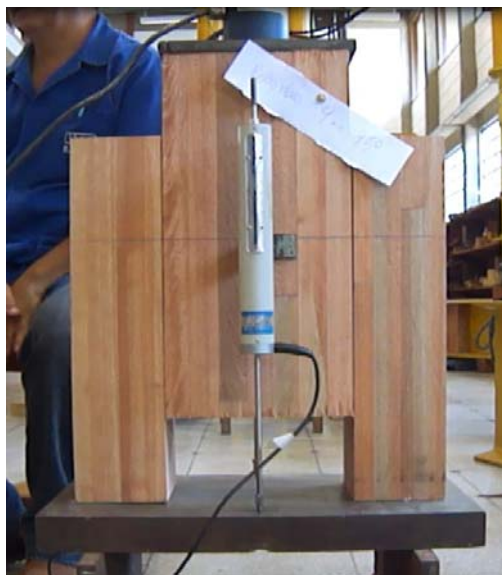


Figura 75 – Corpo de Prova de Lyptus a 45°.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 5 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------|------|------|----|-------|----|
| kN | 68,6 | 66,1 | 78,4 | 97 | 85,75 | 71 |

5.2 Ensaio com parafuso de 11mm com a fibra na vertical

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 90°, utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 76.

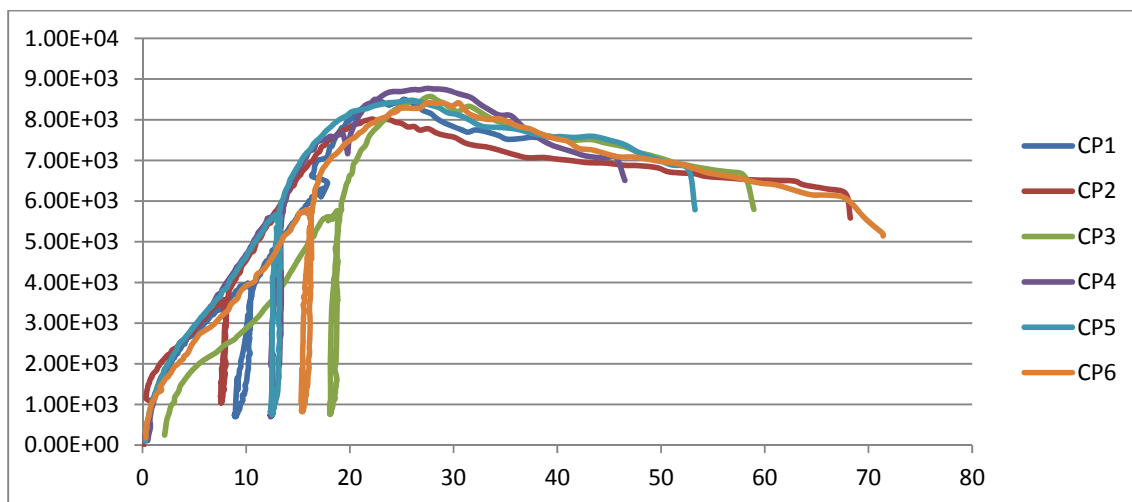


Figura 76 – Resultados dos corpos de prova de Pinus parafusos de 11mm, inclinação de 90° com fibras verticais (N/mm).



Figura 77 – Corpo de Prova de Pinus a 90°.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 6 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|----|----|------|------|------|----|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 44 | 41 | 59,7 | 68,6 | 63,7 | 66 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45°, utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 78.

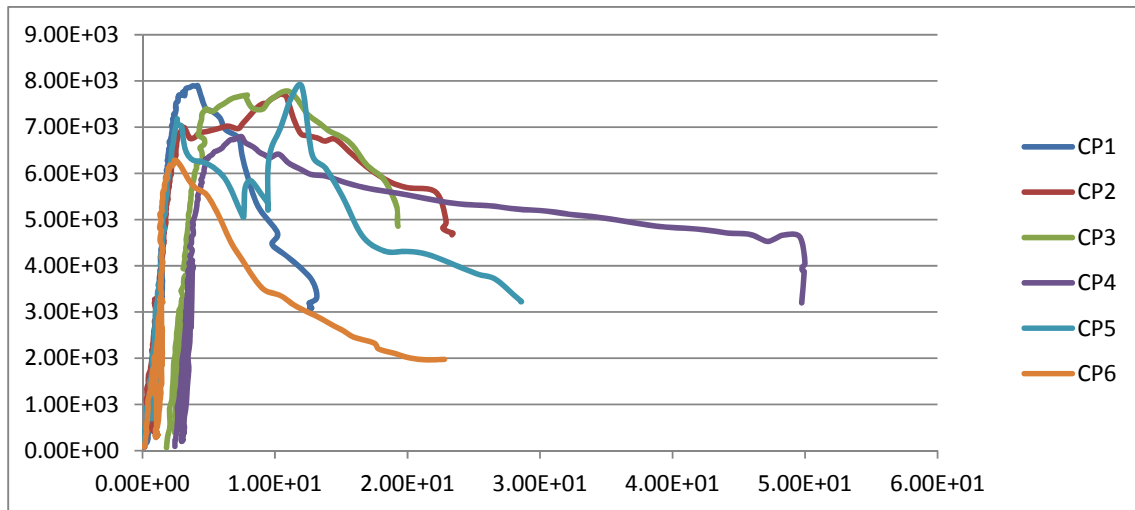


Figura 78 – Resultados dos corpos de prova de Pinus parafusos de 9 mm, inclinação de 45° com fibras verticais.



Figura 79 – Corpo de Prova de Pinus a 45°.

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 7 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----|------|------|------|------|------|
| kN | 71 | 67,6 | 63,7 | 58,8 | 63,7 | 60,7 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 90°, utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 80.

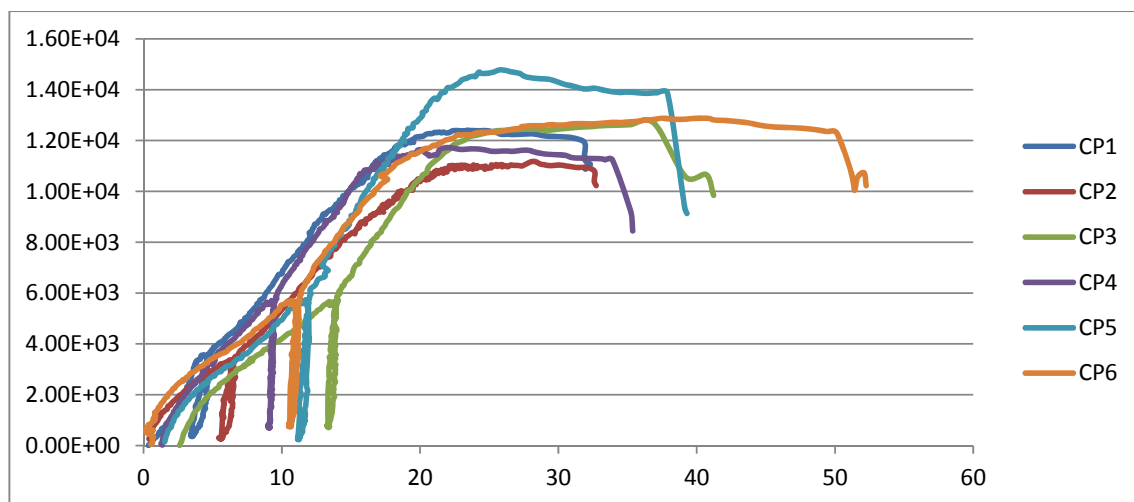


Figura 80 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 9mm, inclinação de 90° com fibras verticais.



Figura 81 – Corpo de Prova de Pinus a 90°.

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 8 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|------|------|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 39 | 38 | 66 | 61 | 63,7 | 66,6 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45°, utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 82.

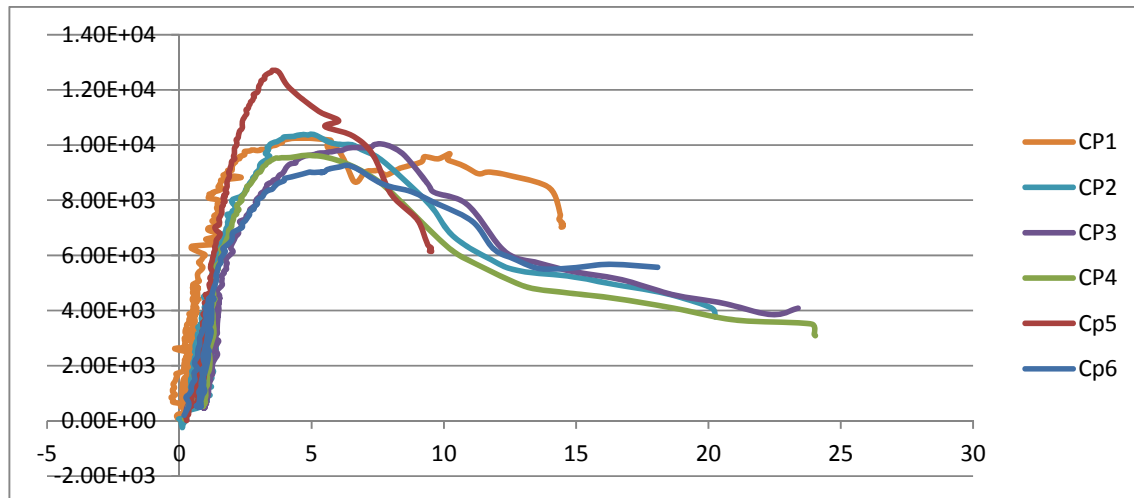


Figura 82 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 9 mm, inclinação de 45° com fibras verticais.



Figura 83 – Corpo de Prova de Pinus a 45°.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 9 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----|----|----|----|----|------|
| kN | 88 | 83 | 71 | 73 | 99 | 68,6 |

5.3 Ensaio com parafuso de 9 mm com a fibra na horizontal

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova com inclinação dos parafusos a 90°, utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 84.

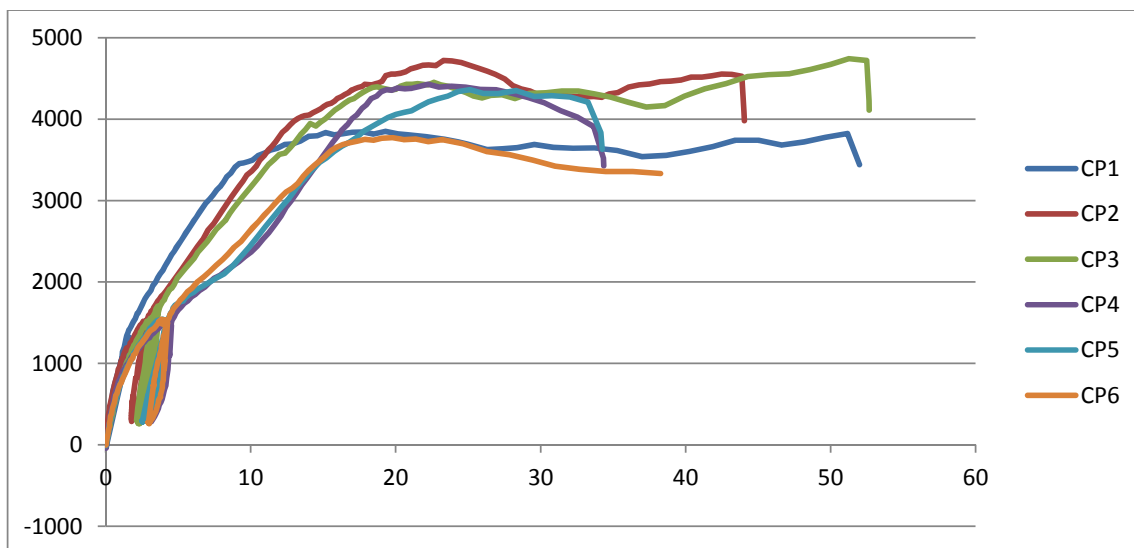


Figura 84 – Resultados dos corpos de prova de Pinus parafusos de 9 mm, inclinação de 90° com fibras horizontais.



Figura 85 – Corpo de Prova de Pinus a 90°.

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 10 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|------|------|----|------|------|------|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 18,6 | 17,6 | 17 | 17,6 | 16,6 | 17,6 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45°, utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 86.

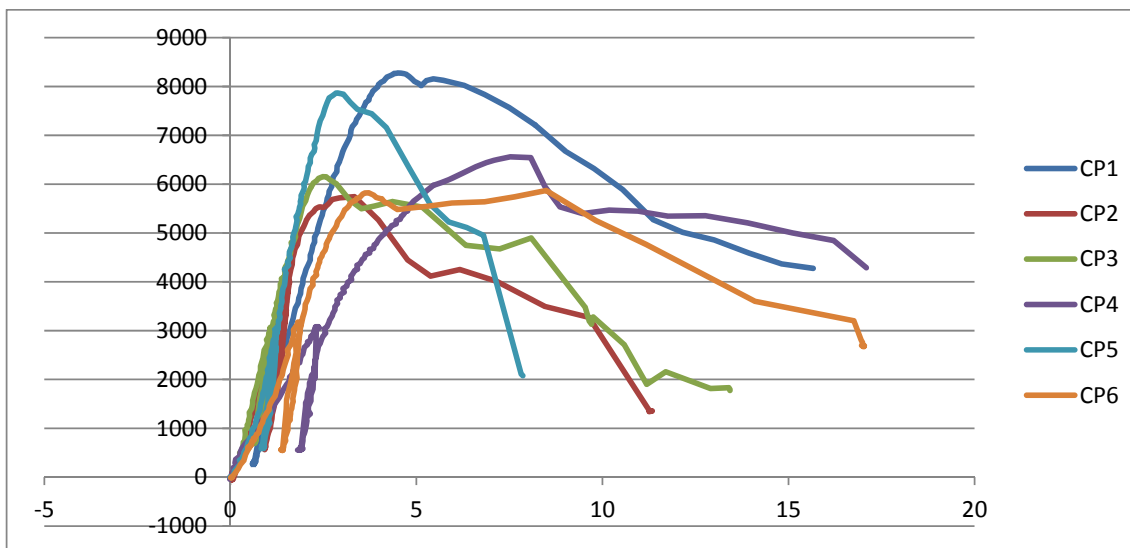


Figura 86 – Resultados dos corpos de prova de Pinus parafusos de 9 mm, inclinação de 45° com fibras horizontais.



Figura 87 – Corpo de Prova de Pinus a 45°.

A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 11 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------|------|----|------|------|----|
| kN | 57,8 | 68,6 | 77 | 68,6 | 68,6 | 79 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 90°, utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 88.

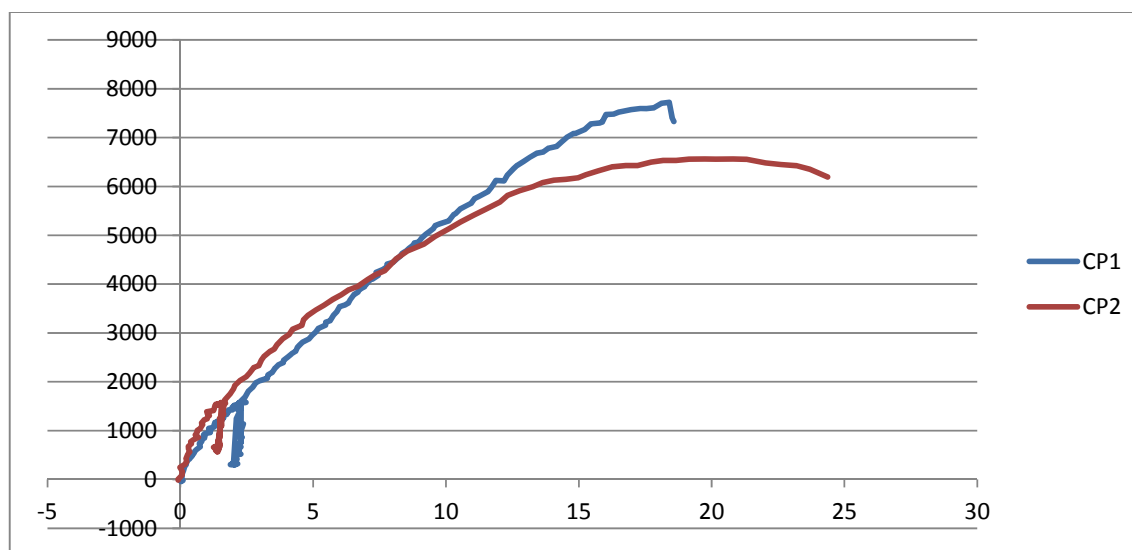


Figura 88 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 9 mm, inclinação de 90° com fibras horizontais.



Figura 89 – Corpo de Prova de Lyptus a 90°.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 12 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 22 | 21 | 23 | 24 | 24 | 22 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova com inclinação dos parafusos a 45°, utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 90.

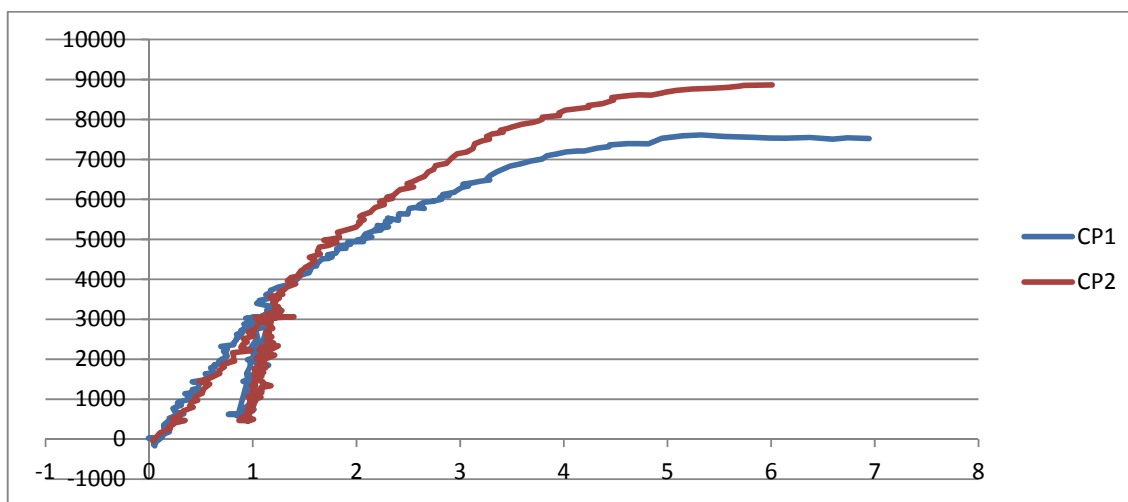


Figura 90 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 9 mm, inclinação de 45° com fibras horizontais.



Figura 91 – Corpo de Prova de Lyptus a 45°.

A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 13 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|------|------|----|----|----|------|
| 45° | 53,9 | 55,8 | 50 | 44 | 49 | 55,8 |

5.4 Ensaios com parafuso de 11 mm com a fibra na horizontal

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova com inclinação dos parafusos a 90°, utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 92.

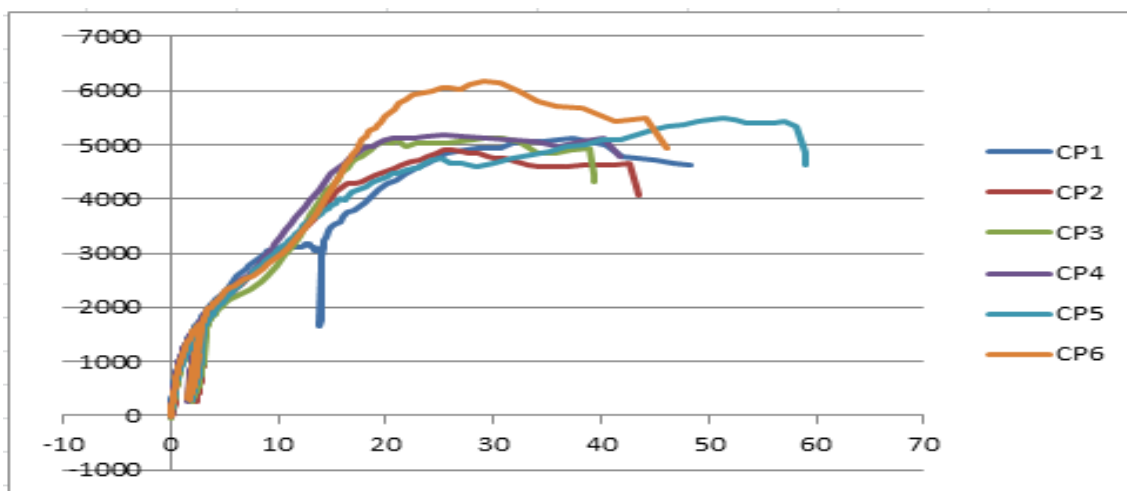


Figura 92 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 11 mm, inclinação de 90° com fibras horizontais.



Figura 93 – Corpo de Prova de Pinus a 90°.

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 14 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|----|------|------|------|------|----|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 29 | 16,9 | 18,6 | 17,6 | 18,6 | 20 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45°, utilizando a espécie de Pinus, como mostra a Figura 94.

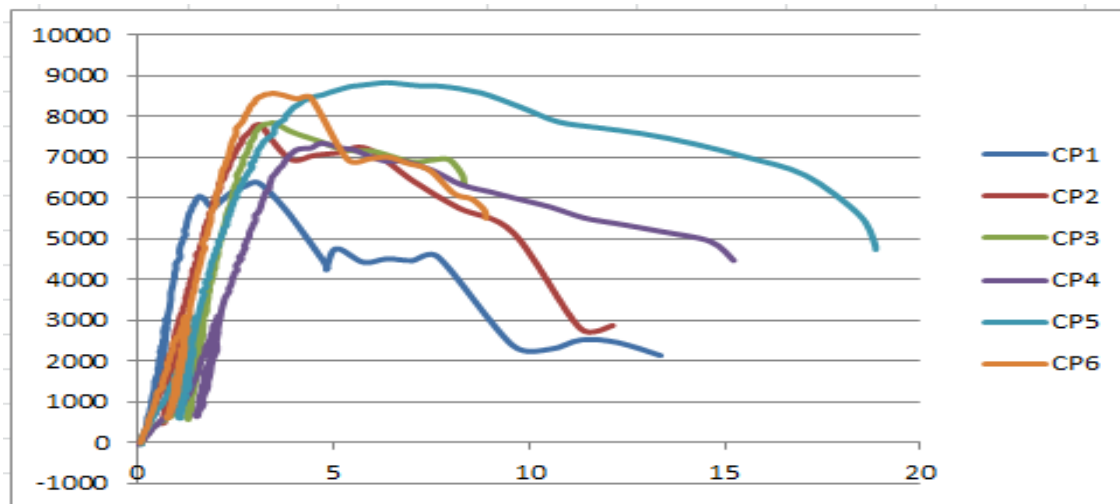


Figura 94 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 11 mm, inclinação de 45° com fibras horizontais.



Figura 95 – Corpo de Prova de Pinus a 45°.

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 15 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Pinus com inclinação a 45°.

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----|------|------|----|----|------|
| kN | 79 | 53,9 | 59,8 | 71 | 72 | 53,9 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 96.

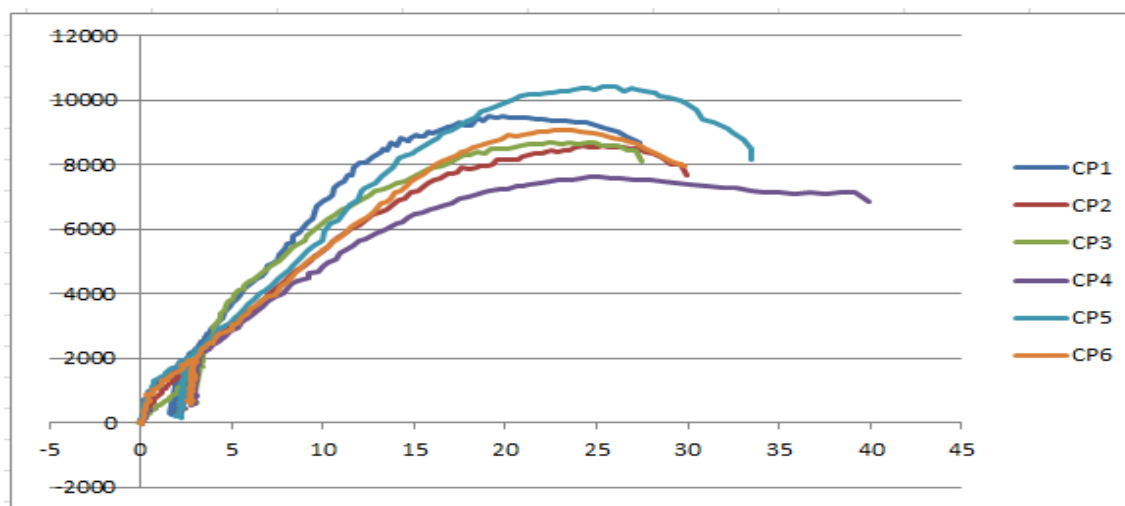


Figura 96 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 11 mm, inclinação de 90° com fibras horizontais.



Figura 97 – Corpo de Prova de Pinus a 90°.

A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 90°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 16 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 90°.

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 22 | 23 | 31 | 24 | 26 | 24 |

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova mistos com inclinação dos parafusos a 45° , utilizando a espécie de Lyptus, como mostra a Figura 98.

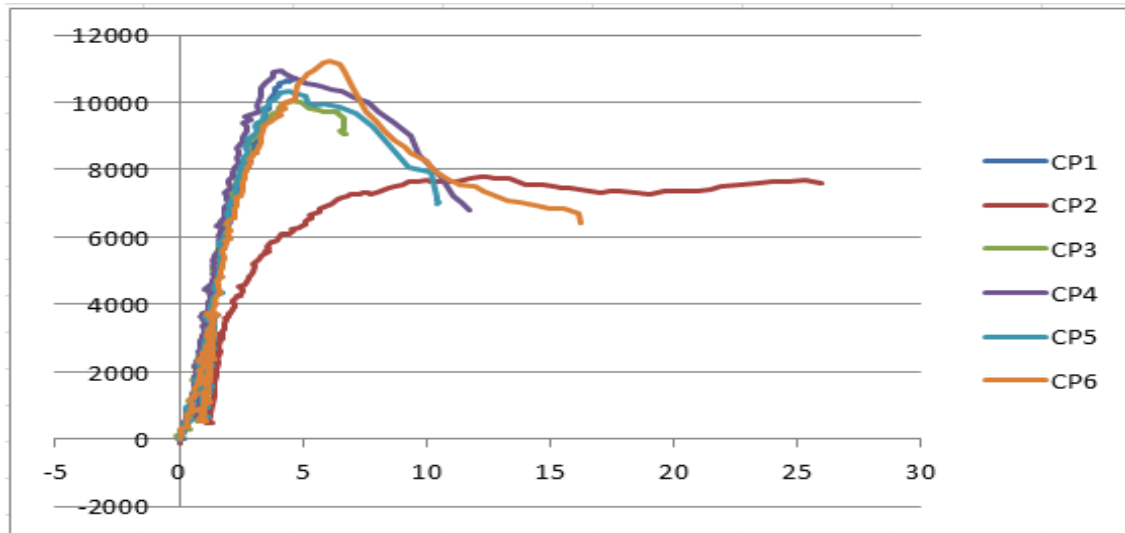


Figura 98 – Resultados dos corpos de prova de Lyptus parafusos de 11 mm, inclinação de 45° com fibras horizontais.



Figura 99 – Corpo de Prova de Pinus a 45° .

A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação dos parafusos a 45°, segundo a Norma Brasileira 7190; os resultados são apresentados para dois pares de parafusos.

Tabela 17 – Resultados obtidos dos ensaios estáticos de ligação da madeira de Lyptus com inclinação a 45°.

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| kN | 78 | 46 | 90 | 93 | 95 | 81 |

5.5 Resumo dos resultados dos ensaios estáticos

A Tabela 18 apresenta as médias (\bar{x}), os coeficientes de variação (Cv) e os valores mínimos (Mín.) e máximos (Máx.) obtidos por tratamento.

Tabela 18 – Resultados dos valores de força obtidos.

| Fibra Vertical (kN) | | Pinus | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| Inclinação do parafuso | | 9 mm | | 11 mm | |
| Estat. | | 45° | 90° | 45° | 90° |
| \bar{x} | | 63,77 | 37,36 | 64,33 | 57,31 |
| Cv | | 7 | 10 | 7 | 20 |
| Mín | | 55,92 | 34,34 | 58,86 | 41,2 |
| Máx | | 68,67 | 44,15 | 71,12 | 68,67 |

| Fibra Vertical (kN) | | Lyptus | | | |
|------------------------|--|--------|-------|-------|-------|
| Inclinação do parafuso | | 9 mm | | 11 mm | |
| Estat. | | 45° | 90° | 45° | 90° |
| \bar{x} | | 77,91 | 64,18 | 80,69 | 55,92 |
| Cv | | 15 | 19 | 15 | 24 |
| Mín | | 66,22 | 41,69 | 68,67 | 38,26 |
| Máx | | 97,12 | 76,03 | 99,08 | 66,71 |

| Fibra Horizontal (kN) | | Pinus | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| Inclinação do parafuso | | 9 mm | | 11 mm | |
| Estat. | | 45° | 90° | 45° | 90° |
| \bar{x} | | 70,31 | 17,58 | 65,16 | 20,6 |
| Cv | | 11 | 4 | 16 | 22 |
| Mín | | 57,88 | 16,68 | 53,96 | 17,66 |
| Máx | | 79,46 | 18,64 | 79,46 | 29,43 |

| Fibra Horizontal (kN) | | Lyptus | | | |
|------------------------|--|--------|-------|-------|-------|
| Inclinação do parafuso | | 9 mm | | 11 mm | |
| Estat. | | 45° | 90° | 45° | 90° |
| \bar{x} | | 51,5 | 23,38 | 80,77 | 25,51 |
| Cv | | 9 | 6 | 23 | 12 |
| Mín | | 44,15 | 21,58 | 46,11 | 22,56 |
| Máx | | 55,92 | 25,51 | 95,16 | 31,39 |

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os fatores e níveis experimentais estipulados na investigação dos valores das forças, (F) obtidos dos ensaios de ligação em peças estruturais de madeira laminada colada, foram a espécie de madeira - EM (Lyptus; Pinus), a orientação das fibras - OF (vertical, horizontal), o diâmetro do parafuso - DP (9mm; 11mm) e a inclinação do parafuso IP (45°; 90°), conduzindo a um planejamento fatorial completo do tipo 24, com 16 tratamentos (T) distintos, explicitados na Tabela 19.

Tabela 19 – Tratamentos investigados.

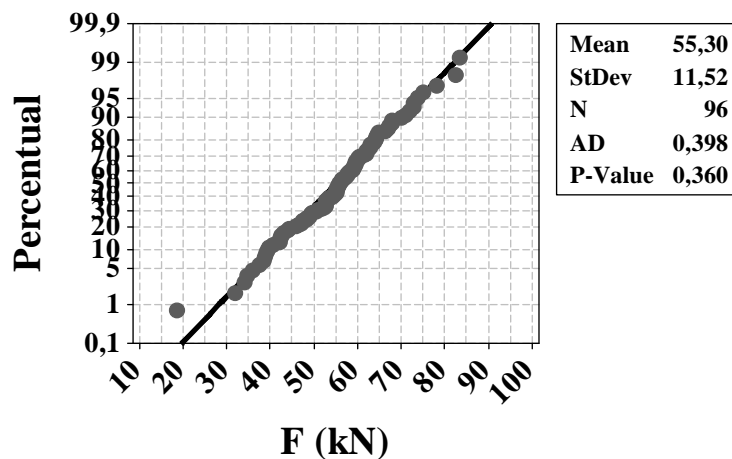
| T | Espécie de madeira | Orientação das Fibras | Diâmetro do Parafuso | Inclinação do Parafuso |
|----------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| T1 | Lyptus | Vertical | 9mm | 45° |
| T2 | Lyptus | Vertical | 9mm | 90° |
| T3 | Lyptus | Vertical | 11mm | 45° |
| T4 | Lyptus | Vertical | 11mm | 90° |
| T5 | Lyptus | Horizontal | 9mm | 45° |
| T6 | Lyptus | Horizontal | 9mm | 90° |
| T7 | Lyptus | Horizontal | 11mm | 45° |
| T8 | Lyptus | Horizontal | 11mm | 90° |
| T9 | Pinus | Vertical | 9mm | 45° |
| T10 | Pinus | Vertical | 9mm | 90° |
| T11 | Pinus | Vertical | 11mm | 45° |
| T12 | Pinus | Vertical | 11mm | 90° |
| T13 | Pinus | Horizontal | 9mm | 45° |
| T14 | Pinus | Horizontal | 9mm | 90° |
| T15 | Pinus | Horizontal | 11mm | 45° |
| T16 | Pinus | Horizontal | 11mm | 90° |

Para investigar a influência dos fatores individuais e das interações nos valores das forças dos ensaios de ligação, foi utilizada a análise de variância (ANOVA), considerada ao nível de significância (α) de 5%, tendo a equivalência entre os valores médios das forças como hipótese nula (H_0) e a não equivalência como hipótese alternativa (H_1). P-valor inferior ao nível de significância implica em rejeitar H_0 , aceitando-a em caso contrário. No caso de serem significativos os fatores sobre os valores das forças obtidas, foi utilizado o teste de comparações múltiplas de Tukey de maneira a evidenciar os melhores dentre os níveis do fator.

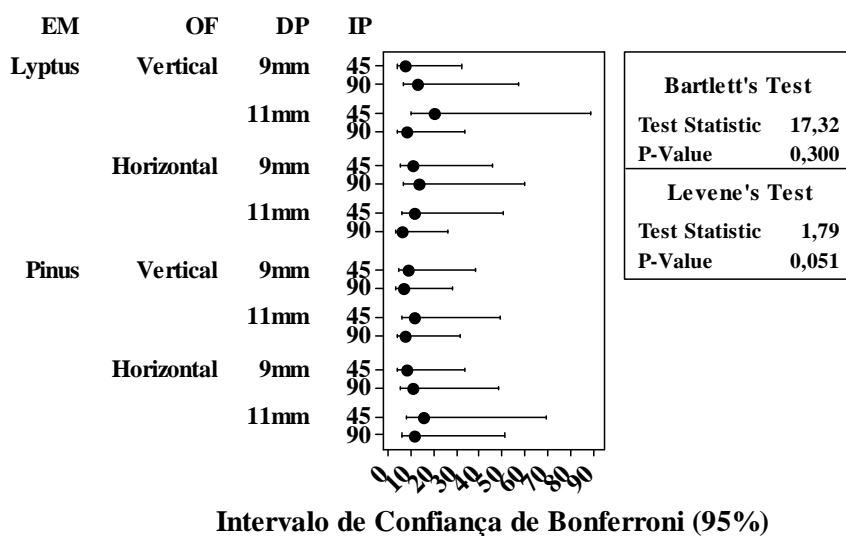
Da interação significativa, figuras de interação entre fatores foram utilizados para visualização das variações nos valores das forças em função dos fatores investigados.

Para validação da ANOVA, foram avaliadas a normalidade (teste de Anderson-Darling) na distribuição dos valores das forças e a homogeneidade entre variâncias dos tratamentos (testes de Bartlett e Levene). Ambos os testes foram considerados ao nível de 5% de significância. O teste de Anderson-Darling teve como hipótese nula a normalidade nas distribuições, e a não normalidade como hipótese alternativa. P-valor superior ao nível de significância implica em aceitar H_0 , refutando-a em caso contrário. Os testes de Bartlett e Levene tiveram a equivalência das variâncias entre os tratamentos como hipótese nula, e a não equivalência como hipótese alternativa. P-valor superior ao nível de significância implica em aceitar H_0 , refutando-a em caso contrário (apêndice C).

A Figura 100 apresenta os resultados dos testes de normalidade (Anderson-Darling) e homogeneidade entre variâncias (Bartlett e Levene) dos valores das forças referentes aos 16 tratamentos. Pelos P-valores encontrados em ambos os testes serem superiores ao nível de significância, constata-se que a distribuição dos valores das forças é normal e que as variâncias entre os tratamentos são equivalentes, validando o modelo da ANOVA.



(a)



(b)

Figura 100 – Resultados do teste de normalidade (a) e de homogeneidade entre variâncias (b) dos valores de força referente os 16 tratamentos investigados.

A Tabela 20 apresenta os resultados da ANOVA para os valores das forças referentes os 16 tratamentos investigados, estando sublinhados os P-valores considerados significativos ($P\text{-valor} < 0,05$), com 95° de liberdade e coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) de 83,76%.

Tabela 20 – Resultados da ANOVA para os valores de força.

| Fatores e Interações | P-valor |
|-----------------------------|----------------|
| EM | <u>0,000</u> |
| OF | <u>0,000</u> |
| DP | 0,239 |
| IP | <u>0,000</u> |
| EM×OF | <u>0,002</u> |
| EM×DP | 0,619 |
| EM×IP | 0,560 |
| OF×DP | 0,349 |
| OF×IP | <u>0,000</u> |
| DP×IP | 0,483 |
| EM×OF×DP | 0,631 |
| EM×OF×IP | 0,212 |
| EM×DP×IP | 0,096 |
| OF×DP×IP | 0,174 |
| EM×OF×DP×IP | 0,746 |

Da Tabela 20, apenas o fator diâmetro do parafuso não foi significativo na obtenção dos valores das forças, conduzindo a resultados equivalentes com o uso de 9 mm ou 11 mm. A Figura 101 apresenta os Figuras de interação entre os fatores considerados significativos pela ANOVA.

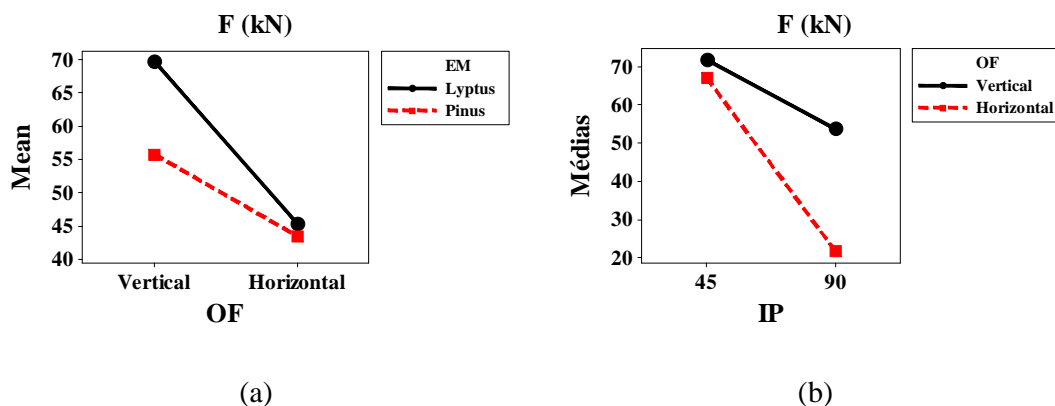


Figura 101 – Figuras de interação entre fatores para os valores de força (kgf).

Da Figura 101, nota-se que os maiores valores de força foram provenientes da combinação das madeiras de Lyptus com as fibras orientadas na posição vertical (Figura 101 a) e da combinação entre a inclinação de 45° do parafuso com a orientação das fibras na direção vertical. A Tabela 21 apresenta os resultados do teste de Tukey. Letras iguais implicam em tratamentos com médias equivalentes.

Tabela 21 – Resultados do teste de Tukey.

| | Espécie de madeira | | Orientação das Fibras | | Diâmetro do Parafuso | | Inclinação do Parafuso | |
|--------------------|--------------------|-------|-----------------------|------------|----------------------|------|------------------------|-----|
| | Lyptus | Pinus | Vertical | Horizontal | 9mm | 11mm | 45° | 90° |
| Agrupamento | A | B | A | B | A | A | A | B |

Da Tabela 21, nota-se que as fibras orientadas na direção vertical, assim como ilustrado na Figura 101, apresentaram os maiores valores da força, e que a inclinação dos parafusos a 45° forneceram os melhores resultados.

7 NORMALIZAÇÃO

Como visto anteriormente, apenas a norma europeia EC5 aborda esse tipo de ligação na utilização a 45°, onde são utilizadas as expressões 3 e 7 na obtenção da capacidade de ligação. Para sabermos então se é possível utilizar essa norma em nossas espécies de madeira foi comparada a capacidade de ligação das duas fórmulas do EC5 ao resultado obtido com a análise da ligação com a ABNT NBR 7190:1997 de 2‰.

Para tal estudo, levando em consideração que a norma europeia necessita da caracterização (ρ_k e ρ_a) de cada espécime, foi então retirado um pedaço de cada corpo de prova, pesado, e calculada a densidade característica (kg/m^3) e a densidade da madeira que foi utilizada, conforme a norma Europeia EN 384:2004 onde a densidade característica se dá por:

$$\rho_{05} = (\bar{\rho} - 1.65s) \quad (9)$$

Onde:

$\bar{\rho}$ e s são a média e o desvio padrão respectivamente (kg/m^3).

As tabelas 22 e 23 apresentam os resultados da densidade característica e a densidade de cada corpo de prova.

Tabela 22 – Densidade dos corpos de prova de Pinus.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Densidade kg/m ³ | Graus | Densidade kg/m ³ |
|---------------|------------|----------|----|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|
| Pinus | Horizontal | 9 | 1 | 45 | 547 | 90 | 558 |
| | | | 2 | | 541 | | 595 |
| | | | 3 | | 553 | | 555 |
| | | | 4 | | 524 | | 560 |
| | | | 5 | | 535 | | 517 |
| | | | 6 | | 554 | | 578 |
| | Vertical | 11 | 1 | | 501 | | 544 |
| | | | 2 | | 503 | | 564 |
| | | | 3 | | 535 | | 488 |
| | | | 4 | | 560 | | 537 |
| | | | 5 | | 568 | | 419 |
| | | | 6 | | 554 | | 581 |
| | Horizontal | 11 | 1 | 513 | 544 | | |
| | | | 2 | 541 | 504 | | |
| | | | 3 | 538 | 539 | | |
| | | | 4 | 539 | 569 | | |
| | | | 5 | 555 | 538 | | |
| | | | 6 | 566 | 553 | | |
| | Vertical | 11 | 1 | 474 | 591 | | |
| | | | 2 | 422 | 489 | | |
| | | | 3 | 524 | 552 | | |
| | | | 4 | 544 | 566 | | |
| | | | 5 | 495 | 557 | | |
| | | | 6 | 511 | 565 | | |
| Média | | | | | | | 537 |
| Max | | | | | | | 595 |
| Min | | | | | | | 419 |
| Desvio Padrão | | | | | | | 36 |
| pk (5% inf.) | | | | | | | 477 |

Tabela 23 – Densidade dos corpos de prova de Lyptus.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Densidade kg/m3 | Graus | Densidade kg/m3 |
|---------------|------------|----------|----|-------|-----------------|-------|-----------------|
| Lyptus | Horizontal | 9 | 1 | 45 | 643 | 90 | 786 |
| | | | 2 | | 765 | | 747 |
| | | | 3 | | 717 | | 694 |
| | | | 4 | | 706 | | 730 |
| | | | 5 | | 737 | | 742 |
| | | | 6 | | 631 | | 782 |
| | Vertical | 11 | 1 | 680 | 726 | | |
| | | | 2 | 689 | 674 | | |
| | | | 3 | 756 | 730 | | |
| | | | 4 | 753 | 756 | | |
| | | | 5 | 587 | 738 | | |
| | | | 6 | 676 | 750 | | |
| | Horizontal | 11 | 1 | 691 | 752 | | |
| | | | 2 | 756 | 718 | | |
| | | | 3 | 743 | 716 | | |
| | | | 4 | 639 | 777 | | |
| | | | 5 | 649 | 745 | | |
| | | | 6 | 716 | 689 | | |
| | Vertical | 11 | 1 | 684 | 718 | | |
| | | | 2 | 660 | 672 | | |
| | | | 3 | 718 | 669 | | |
| | | | 4 | 715 | 700 | | |
| | | | 5 | 672 | 826 | | |
| | | | 6 | 747 | 667 | | |
| Média | | | | | | | 713 |
| Max | | | | | | | 826 |
| Min | | | | | | | 587 |
| Desvio Padrão | | | | | | | 46 |
| pk (5% inf.) | | | | | | | 637 |

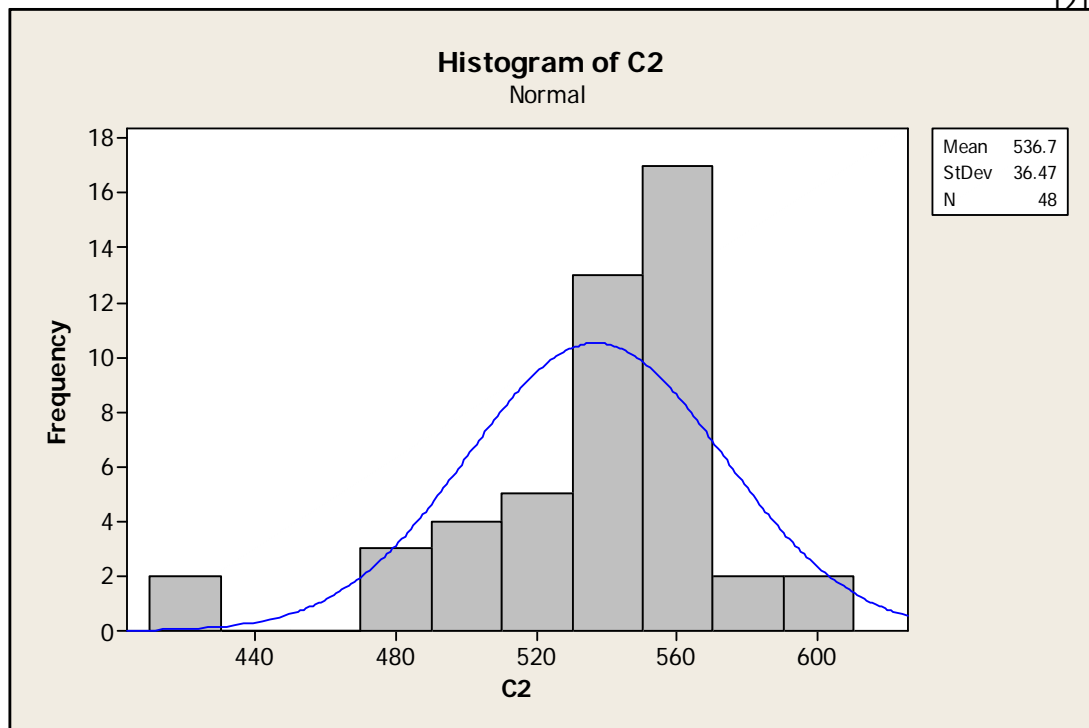


Figura 102 – Histograma da densidade da madeira de Pinus.

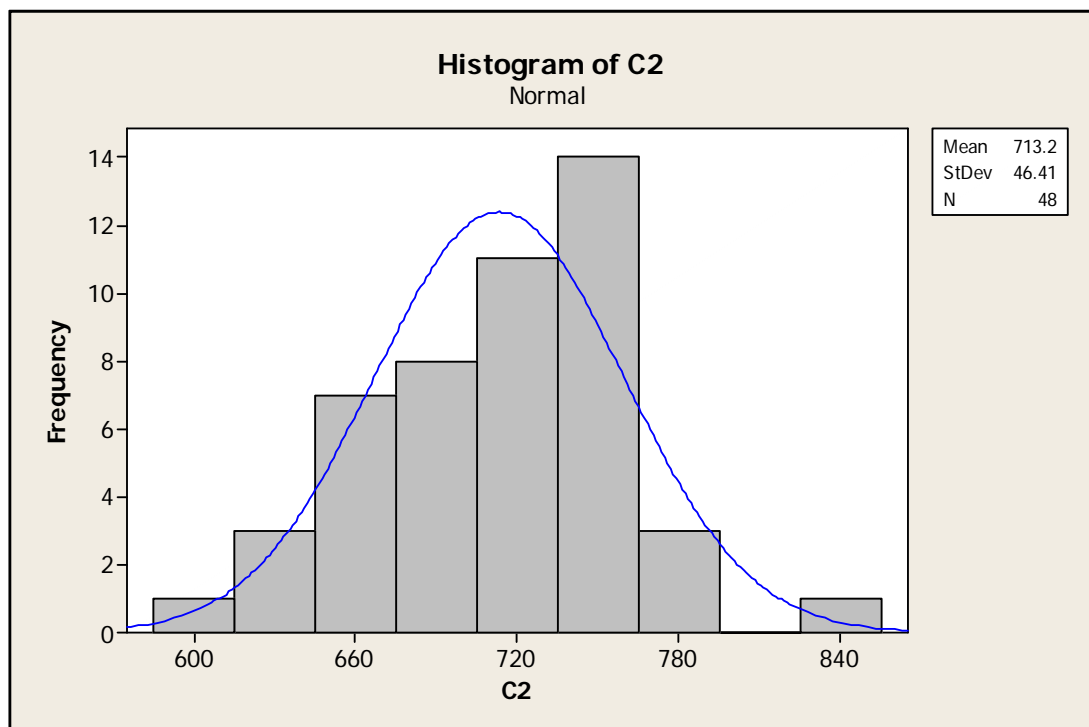


Figura 103 – Histograma da densidade da madeira de Lyptus.

Outro parâmetro que a fórmula exige é o F_{max} de arrancamento perpendicular às fibras; para isso, os corpos de prova já utilizados, foram então desmontados e segundo a norma Europeia EN 1382:1999 foi realizado o ensaio de arrancamento,

utilizando a máquina universal de ensaios AMSLER. A norma EN 1382:1999 descreve que o parafuso deve ter uma penetração de 8d (8 vezes o diâmetro) e o espaçamento entre o parafuso e as bordas da madeira utilizada deve ser de no mínimo 5d (5 vezes o diâmetro do parafuso).



Figura 104 – Ensaio de arrancamento de parafuso.

A Tabela 24 apresenta os resultados em kN dos testes de arrancamento segundo a norma EN 1382:1999.

Tabela 24 – Resultados do arrancamento em kN.

| Paralela (kN) | | | | Perpendicular (kN) | | | |
|---------------|-------|--------|-------|--------------------|-------|--------|-------|
| Pinus | | Lyptus | | Pinus | | Lyptus | |
| 9 mm | 11 mm | 9 mm | 11 mm | 9 mm | 11 mm | 9 mm | 11 mm |
| 15 | 23 | 13 | 15 | 21 | 32 | 25 | 32 |
| 15 | 21 | 15 | 18 | 25 | 27 | 29 | 25 |
| 15 | 17 | 13 | 18 | 21 | 27 | 30 | 32 |
| 21 | 17 | 14 | 15 | 16 | 29 | 20 | 34 |
| 16 | 30 | 15 | 15 | 24 | 25 | 25 | 29 |
| 14 | 19 | 14 | 18 | 21 | 28 | 29 | 29 |

Por final obteve-se dois resultados experimentais, sendo um, segundo a norma NBR e outro, segundo a norma EN, e dois resultados teóricos, sendo um utilizando a fórmula (3 pagina 64) e o outro utilizando a fórmula (7 pagina 65). Na Tabela 25 são apresentados estes resultados:

Tabela 25 – Resultados Experimentais, espécie de Pinus a 45°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Experimental | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|------------------------|--------------------|
| | | | | | kN (1 parafuso) NBR | kN (1 parafuso) EN |
| Pinus | Horizontal | 9 | 1 | 45 | 14 | 16 |
| | | | 2 | | 17 | 19 |
| | | | 3 | | 19 | 19 |
| | | | 4 | | 17 | 18 |
| | | | 5 | | 17 | 22 |
| | | | 6 | | 20 | 21 |
| | Vertical | 11 | 1 | | 17 | 18 |
| | | | 2 | | 17 | 18 |
| | | | 3 | | 15 | 12 |
| | | | 4 | | 14 | 16 |
| | | | 5 | | 16 | 18 |
| | | | 6 | | 16 | 16 |
| | Horizontal | 11 | 1 | 20 | 20 | |
| | | | 2 | 13 | 14 | |
| | | | 3 | 15 | 15 | |
| | | | 4 | 18 | 16 | |
| | | | 5 | 18 | 19 | |
| | | | 6 | 13 | 14 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 18 | 19 | |
| | | | 2 | 17 | 19 | |
| | | | 3 | 16 | 19 | |
| | | | 4 | 15 | 17 | |
| | | | 5 | 16 | 19 | |
| | | | 6 | 15 | 19 | |
| Média | | | | | 16 | 18 |
| Max | | | | | 20 | 22 |
| Min | | | | | 13 | 12 |
| Desvio Padrão | | | | | 1.8 | 2.4 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 11 | 13 |

Tabela 26 – Resultados Teóricos, espécie de Pinus a 45°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Teórico | | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|--------------------|--------------------|----|
| | | | | | Norma EC5 (kN) (7) | Norma EC5 (kN) (3) | |
| Pinus | Horizontal | 9 | 1 | 45 | 17 | 11 | |
| | | | 2 | | 21 | 11 | |
| | | | 3 | | 18 | 11 | |
| | | | 4 | | 14 | 11 | |
| | | | 5 | | 21 | 11 | |
| | | | 6 | | 17 | 11 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 19 | 11 | | |
| | | | 2 | 22 | 11 | | |
| | | | 3 | 18 | 11 | | |
| | | | 4 | 13 | 11 | | |
| | | | 5 | 20 | 11 | | |
| | | | 6 | 17 | 11 | | |
| | Horizontal | 11 | 11 | 1 | 45 | 29 | 12 |
| | | | | 2 | | 24 | 12 |
| | | | | 3 | | 23 | 12 |
| | | | | 4 | | 25 | 12 |
| | | | | 5 | | 21 | 12 |
| | | | | 6 | | 23 | 12 |
| | Vertical | 11 | 11 | 1 | 45 | 31 | 12 |
| | | | | 2 | | 29 | 12 |
| | | | | 3 | | 24 | 12 |
| | | | | 4 | | 24 | 12 |
| | | | | 5 | | 23 | 12 |
| | | | | 6 | | 25 | 12 |
| Média | | | | | 22 | 11 | |
| Max | | | | | 31 | 12 | |
| Min | | | | | 13 | 11 | |
| Desvio Padrão | | | | | 4.4 | 0.6 | |
| Coeficiente de Variação | | | | | 21 | 5 | |

Tabela 27 – Resultados Experimentais, espécie de Pinus a 90°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Experimental | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|------------------------|--------------------|
| | | | | | kN (1 parafuso) NBR | kN (1 parafuso) EN |
| Pinus | Horizontal | 9 | 1 | 90 | 5 | 9 |
| | | | 2 | | 4 | 10 |
| | | | 3 | | 4 | 12 |
| | | | 4 | | 4 | 11 |
| | | | 5 | | 4 | 11 |
| | | | 6 | | 4 | 9 |
| | Vertical | 11 | 1 | | 11 | 19 |
| | | | 2 | | 9 | 16 |
| | | | 3 | | 9 | 15 |
| | | | 4 | | 10 | 18 |
| | | | 5 | | 9 | 17 |
| | | | 6 | | 9 | 19 |
| | Horizontal | 11 | 1 | 7 | 13 | |
| | | | 2 | 5 | 12 | |
| | | | 3 | 5 | 13 | |
| | | | 4 | 4 | 13 | |
| | | | 5 | 5 | 13 | |
| | | | 6 | 5 | 15 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 11 | 21 | |
| | | | 2 | 10 | 20 | |
| | | | 3 | 15 | 21 | |
| | | | 4 | 17 | 22 | |
| | | | 5 | 16 | 21 | |
| | | | 6 | 17 | 21 | |
| Média | | | | | 8 | 15 |
| Max | | | | | 17 | 22 |
| Min | | | | | 4 | 9 |
| Desvio Padrão | | | | | 4.3 | 4.2 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 52 | 27 |

Tabela 28 – Resultados Teóricos, espécie de Pinus a 90°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | C P | Graus | Resultado Teórico | |
|----------------------------|------------|----------|--------|-------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | Norma EC5 (kN) (7) | Norma EC5 (kN) (3) |
| Pinus | Horizontal | 9 | 1 | 90 | 17 | 11 |
| | | | 2 | | 20 | 11 |
| | | | 3 | | 18 | 11 |
| | | | 4 | | 13 | 11 |
| | | | 5 | | 22 | 11 |
| | | | 6 | | 17 | 11 |
| | Vertical | 11 | 1 | 18 | 11 | |
| | | | 2 | 21 | 11 | |
| | | | 3 | 20 | 11 | |
| | | | 4 | 14 | 11 | |
| | | | 5 | 26 | 11 | |
| | | | 6 | 17 | 11 | |
| | Horizontal | 11 | 1 | 28 | 12 | |
| | | | 2 | 25 | 12 | |
| | | | 3 | 24 | 12 | |
| | | | 4 | 24 | 12 | |
| | | | 5 | 22 | 12 | |
| | | | 6 | 24 | 12 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 26 | 12 | |
| | | | 2 | 26 | 12 | |
| | | | 3 | 23 | 12 | |
| | | | 4 | 24 | 12 | |
| | | | 5 | 21 | 12 | |
| | | | 6 | 24 | 12 | |
| Média | | | | | 21 | 11 |
| Max | | | | | 28 | 12 |
| Min | | | | | 13 | 11 |
| Desvio Padrão | | | | | 4.0 | 0.6 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 19 | 5 |

Tabela 29 – Resultados Experimentais, espécie de Lyptus a 45°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Experimental | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|------------------------|--------------------|
| | | | | | kN (1 parafuso) NBR | kN (1 parafuso) EN |
| Lyptus | Horizontal | 9 | 1 | 45 | 13 | 19 |
| | | | 2 | | 14 | 22 |
| | | | 3 | | 13 | 18 |
| | | | 4 | | 11 | 15 |
| | | | 5 | | 12 | 16 |
| | | | 6 | | 14 | 18 |
| | Vertical | 11 | 1 | | 17 | 24 |
| | | | 2 | | 17 | 22 |
| | | | 3 | | 20 | 27 |
| | | | 4 | | 24 | 30 |
| | | | 5 | | 21 | 30 |
| | | | 6 | | 18 | 26 |
| | Horizontal | 11 | 1 | 20 | 26 | |
| | | | 2 | 12 | 19 | |
| | | | 3 | 23 | 25 | |
| | | | 4 | 23 | 27 | |
| | | | 5 | 24 | 25 | |
| | | | 6 | 20 | 27 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 22 | 25 | |
| | | | 2 | 21 | 25 | |
| | | | 3 | 18 | 25 | |
| | | | 4 | 18 | 24 | |
| | | | 5 | 25 | 31 | |
| | | | 6 | 17 | 23 | |
| Média | | | | | 18 | 24 |
| Max | | | | | 25 | 31 |
| Min | | | | | 11 | 15 |
| Desvio Padrão | | | | | 4.3 | 4.4 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 24 | 19 |

Tabela 30 – Resultados Teóricos, espécie de Lyptus a 45°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Teórico | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|--------------------|--------------------|
| | | | | | Norma EC5 (kN) (7) | Norma EC5 (kN) (3) |
| Lyptus | Horizontal | 9 | 1 | 45 | 24 | 13 |
| | | | 2 | | 24 | 13 |
| | | | 3 | | 26 | 13 |
| | | | 4 | | 17 | 13 |
| | | | 5 | | 21 | 13 |
| | | | 6 | | 28 | 13 |
| | Vertical | 11 | 1 | | 23 | 13 |
| | | | 2 | | 26 | 13 |
| | | | 3 | | 25 | 13 |
| | | | 4 | | 16 | 13 |
| | | | 5 | | 25 | 13 |
| | | | 6 | | 26 | 13 |
| | Horizontal | 11 | 1 | 29 | 15 | |
| | | | 2 | 21 | 15 | |
| | | | 3 | 27 | 15 | |
| | | | 4 | 32 | 15 | |
| | | | 5 | 27 | 15 | |
| | | | 6 | 25 | 15 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 29 | 15 | |
| | | | 2 | 23 | 15 | |
| | | | 3 | 28 | 15 | |
| | | | 4 | 29 | 15 | |
| | | | 5 | 27 | 15 | |
| | | | 6 | 24 | 15 | |
| Média | | | | | 25 | 14 |
| Max | | | | | 32 | 15 |
| Min | | | | | 16 | 13 |
| Desvio Padrão | | | | | 3.7 | 0.7 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 15 | 5 |

Tabela 31 – Resultados Experimentais, espécie de Lyptus a 90°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Experimental | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|------------------------|--------------------|
| | | | | | kN (1 parafuso) NBR | kN (1 parafuso) EN |
| Lyptus | Horizontal | 9 | 1 | 90 | 6 | 19 |
| | | | 2 | | 5 | 16 |
| | | | 3 | | 6 | 22 |
| | | | 4 | | 6 | 21 |
| | | | 5 | | 6 | 17 |
| | | | 6 | | 6 | 20 |
| | Vertical | 11 | 1 | | 10 | 28 |
| | | | 2 | | 19 | 28 |
| | | | 3 | | 17 | 29 |
| | | | 4 | | 17 | 29 |
| | | | 5 | | 18 | 33 |
| | | | 6 | | 15 | 29 |
| | Horizontal | 11 | 1 | 6 | 23 | |
| | | | 2 | 6 | 21 | |
| | | | 3 | 8 | 21 | |
| | | | 4 | 6 | 19 | |
| | | | 5 | 7 | 25 | |
| | | | 6 | 6 | 22 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 10 | 30 | |
| | | | 2 | 10 | 27 | |
| | | | 3 | 17 | 31 | |
| | | | 4 | 15 | 29 | |
| | | | 5 | 16 | 36 | |
| | | | 6 | 17 | 32 | |
| Média | | | | | 11 | 25 |
| Max | | | | | 19 | 36 |
| Min | | | | | 5 | 16 |
| Desvio Padrão | | | | | 5.1 | 5.5 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 48 | 22 |

Tabela 32 – Resultados Teóricos, espécie de Lyptus a 90°.

| Espécie | Sentido | Parafuso | CP | Graus | Resultado Teórico | |
|-------------------------|------------|----------|----|-------|--------------------|--------------------|
| | | | | | Norma EC5 (kN) (7) | Norma EC5 (kN) (3) |
| Lyptus | Horizontal | 9 | 1 | 90 | 21 | 14 |
| | | | 2 | | 25 | 14 |
| | | | 3 | | 27 | 14 |
| | | | 4 | | 17 | 14 |
| | | | 5 | | 21 | 14 |
| | | | 6 | | 24 | 14 |
| | Vertical | 11 | 1 | 22 | 14 | |
| | | | 2 | 27 | 14 | |
| | | | 3 | 26 | 14 | |
| | | | 4 | 16 | 14 | |
| | | | 5 | 21 | 14 | |
| | | | 6 | 24 | 14 | |
| | Horizontal | 11 | 1 | 27 | 15 | |
| | | | 2 | 22 | 15 | |
| | | | 3 | 28 | 15 | |
| | | | 4 | 28 | 15 | |
| | | | 5 | 25 | 15 | |
| | | | 6 | 26 | 15 | |
| | Vertical | 11 | 1 | 28 | 15 | |
| | | | 2 | 23 | 15 | |
| | | | 3 | 30 | 15 | |
| | | | 4 | 30 | 15 | |
| | | | 5 | 23 | 15 | |
| | | | 6 | 27 | 15 | |
| Média | | | | | 25 | 14 |
| Max | | | | | 30 | 15 |
| Min | | | | | 16 | 14 |
| Desvio Padrão | | | | | 3.6 | 0.7 |
| Coeficiente de Variação | | | | | 15 | 5 |

8 DISCUSSÃO

Os parafusos auto-atarraxantes utilizados apresentaram uma boa penetração nas duas espécies, sem necessitar de pré-furação; a maior dificuldade foi na colocação do parafuso a 45°, para o qual se recomenda a utilização de uma guia garantindo assim a sua inclinação correta. Um ponto importante a ser levado em consideração é a parafusadeira a ser utilizada para a colocação dos parafusos, que devem ser de alta rotação e regulagem de torque.

Nos fatores e níveis experimentais investigados, apenas o diâmetro do parafuso não foi significativo no valor de resistência do ensaio de ligação, conduzindo a resultados equivalentes independente do diâmetro.

No fator espécie, a madeira de *Lyptus* apresentou os maiores valores de resistência no ensaio, justificada por sua maior densidade quando comparado com os valores de força obtidos das madeiras de *Pinus*, possibilitando uma melhor distribuição dos esforços nos parafusos.

Com relação à orientação das fibras, os maiores valores das forças na ligação foram provenientes da disposição do alinhamento das mesmas na direção vertical, (as três peças de madeira na direção das fibras) para os dois tipos de inclinação de parafuso. Para a disposição das fibras na direção horizontal, (duas peças de madeira na direção normal as fibras e o central na direção das fibras) a inclinação do parafuso a 90° apresentou os menores valores de forças, enquanto que para a inclinação do parafuso a 45° apresentou valores equivalentes aos da disposição das fibras na direção vertical.

Na inclinação dos parafusos, a disposição a 45° apresentou os melhores resultados, em virtude da melhor distribuição dos esforços que passam a solicitar os parafusos na tração e compressão, e não só ao cisalhamento como é o caso da orientação a 90°.

Os resultados experimentais apresentados, quando comparados com os valores teóricos das normas NBR e EN, mostram que a norma brasileira é mais conservadora que a norma europeia. Um ponto interessante a ressaltar é que quando se trabalha com os parafusos a 90° e fibra horizontal, os resultados apresentam uma diferença significativa de 33% em relação aos parafusos a 45° e fibra horizontal.

Quando se compara as duas expressões para o cálculo da resistência da ligação fornecidas pelo EuroCode com os valores experimentais obtidos; conclui-se

que a equação $F_{ax,k,Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} d_{ef} k_d}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$ é mais adequada.

9 ANÁLISE NUMÉRICA

Nesta parte do trabalho são propostos quatro modelos numéricos, tridimensionais, analisados pelo software ANSYS, versão 11.0, que tem como base o Método dos Elementos Finitos (MEF), para simulação do comportamento de conectores “verticais” e em “X”, dispostos em corpos de prova submetidos a carregamentos de serviço. A opção pela utilização do ANSYS, versão 11.0, se deu pelo fato de que as ferramentas disponibilizadas pelo referido software permitem a análise dos modelos em regime de não linearidade física e também geométrica.

Como resultados das modelagens propostas avaliaram-se as perdas de rigidez (K) e (EI) dos referidos sistemas de conexão, com base na relação entre força e deslocamento, a partir da aplicação de carregamentos estáticos. Os modelos propostos permitiram ainda, em caráter complementar, a avaliação dos níveis de tensões e deformações nas regiões de maior interesse.

A fim de evitar excessiva repetição quando da menção do software utilizado, no caso o ANSYS versão 11.0, o mesmo será referenciado deste ponto em diante apenas por ANSYS.

Na sequência, estão apresentados os aspectos gerais da estratégia de modelagem desenvolvida, juntamente com os comentários mais relevantes.

9.1 Elementos finitos utilizados

Como já mencionado, os modelos numéricos desenvolvidos foram elaborados com base em elementos pré-definidos, disponibilizados na biblioteca interna do ANSYS.

A escolha de cada elemento foi feita a partir da consideração de sua representatividade perante o comportamento a ser simulado.

9.2 Elemento solid45

Foi utilizado na discretização das peças de madeira e também dos conectores de cisalhamento. O elemento solid45 também consiste num elemento hexaédrico,

com oito nós, tendo cada nó três graus de liberdade (translações segundo os eixos x, y e z), e permite ainda a consideração de efeitos importantes como, por exemplo, plasticidade e ortotropia para os materiais.

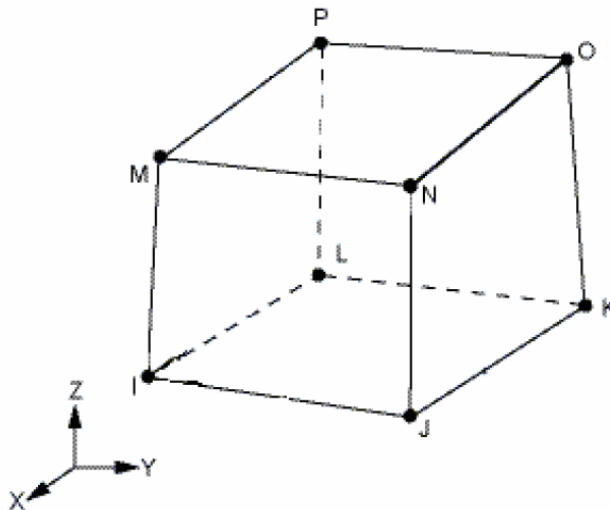


Figura 105 – Elemento Finito solid 45. Fonte: Documentação ANSYS

9.3 Elementos conta173 e targe170

Estes elementos foram utilizados a fim de representar os contatos existentes com possíveis deslocamentos nas interfaces madeira-madeira.

Esses elementos são utilizados em análises tridimensionais, com contato do tipo superfície-superfície, que surge do trabalho em conjunto dos elementos targe170 (definido pelo ANSYS como superfície alvo) e conta173 (definido como superfície de contato). Esses elementos são capazes de simular a existência de pressão entre si, quando há contato, e separação entre os mesmos elementos quando não há contato. O par de contatos utilizado permite ainda a consideração do atrito entre as partes.

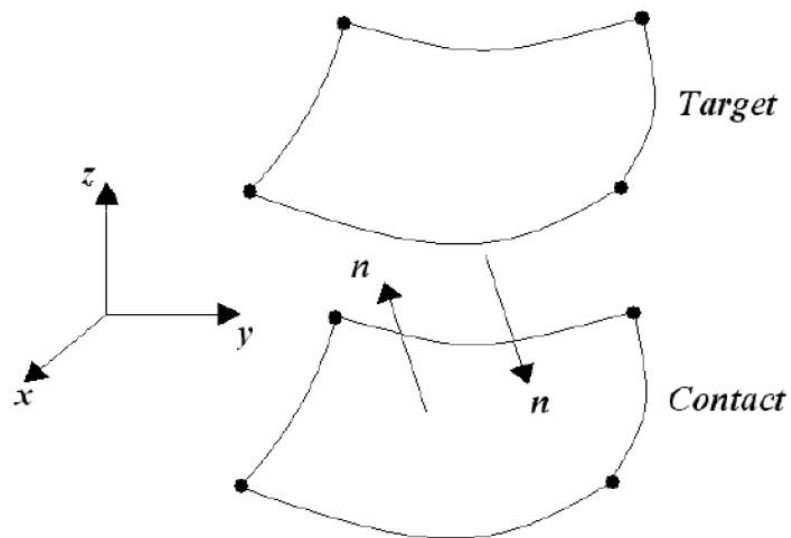


Figura 106 – Elemento de contato. Fonte: Documentação ANSYS

9.4 Definição da malha de elementos finitos

Os modelos desenvolvidos neste trabalho foram constituídos por dois principais grupos de elementos: peças de madeira e conectores de cisalhamento.

Todos os elementos utilizados foram discretizados separadamente, porém de forma a coincidir os nós de cada um na interface entre eles, possibilitando o acoplamento entre tais elementos, realizado por meio destes nós.

As malhas dos elementos foram geradas e discretizadas no software TrueGrid, versão 2.10, sendo posteriormente exportadas para o ANSYS, onde receberam as correspondentes propriedades dos materiais, condições de vinculação e carregamentos, necessárias para a análise dos sistemas mistos em questão.

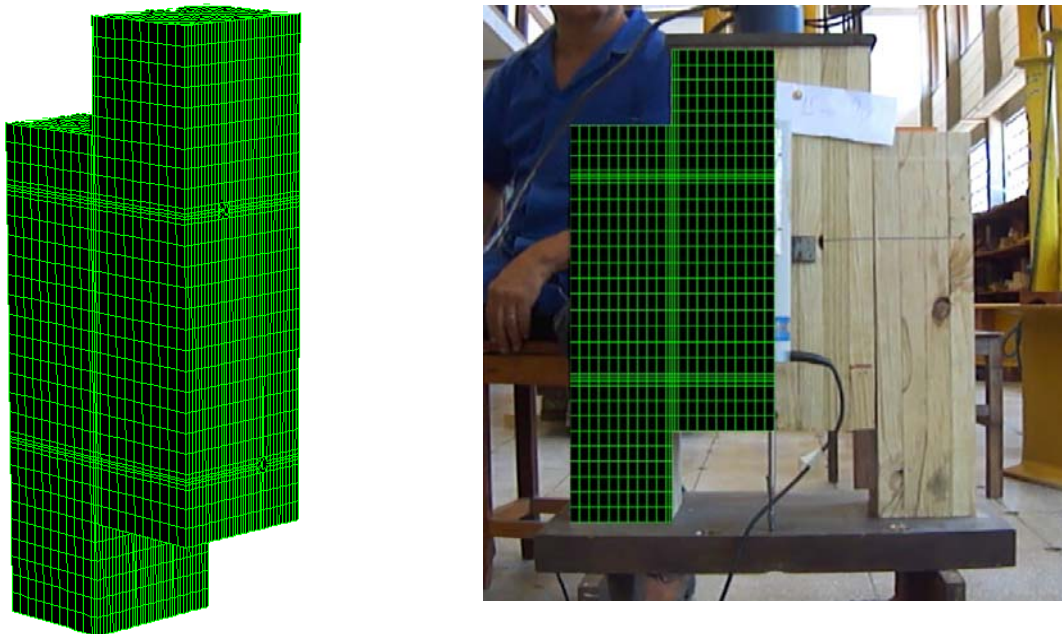


Figura 107 – Representação da malha no corpo de prova com ligações a 90°.

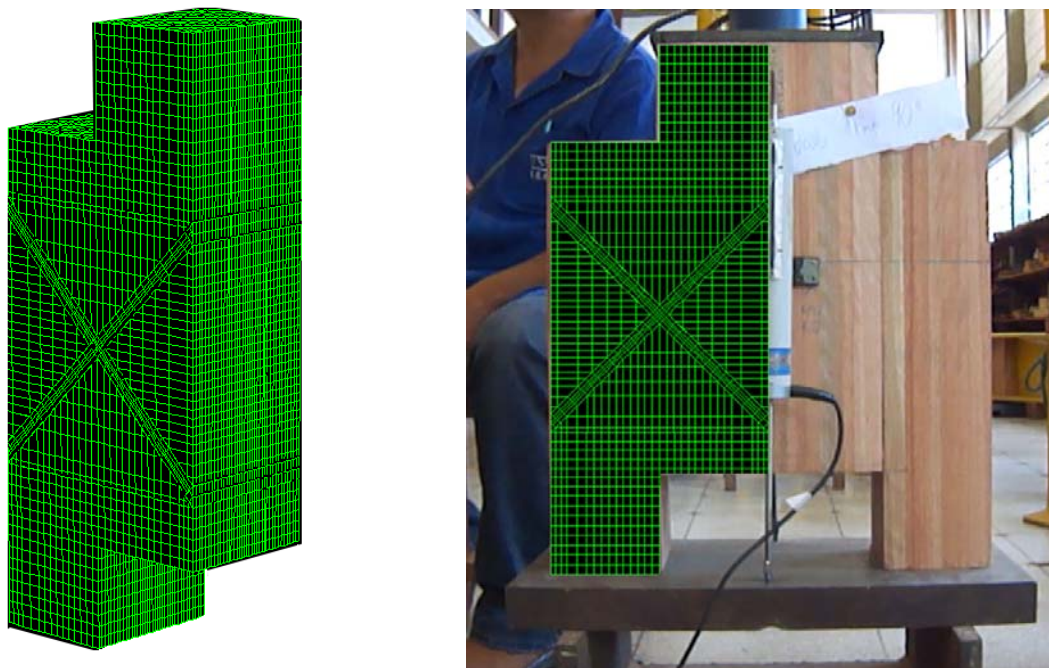


Figura 108 – Representação da malha no corpo de prova com ligações a 45°.

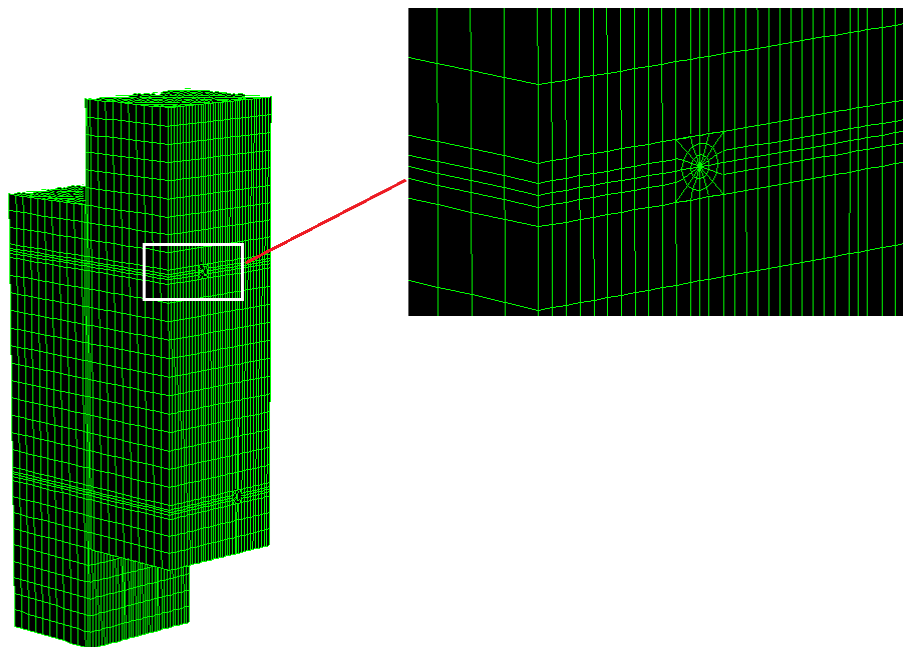


Figura 109 – Detalhe da malha do corpo de prova com ligação de 90° – Tgedit

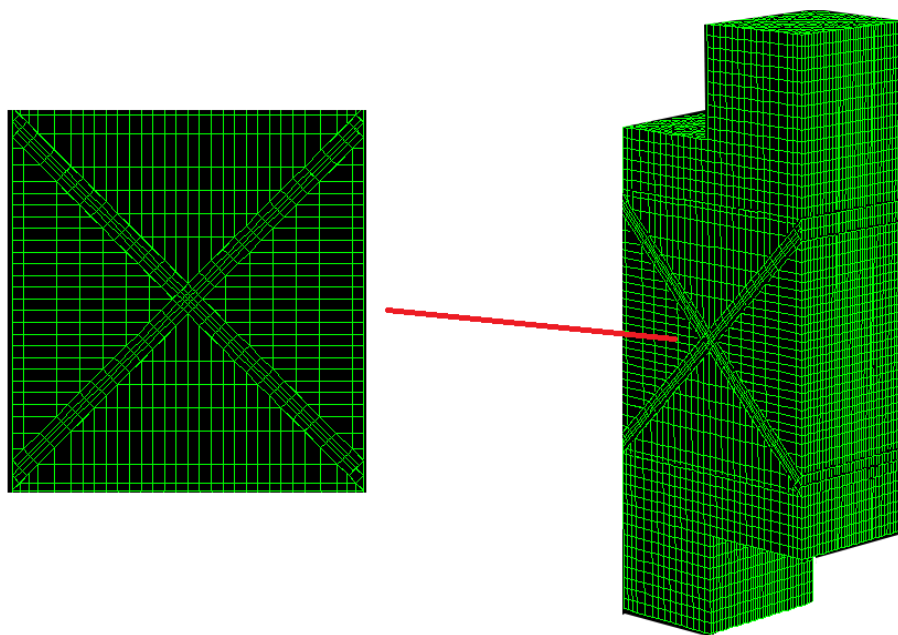


Figura 110 – Detalhe da malha do corpo de prova com ligação de 45° – Tgedit

Tendo em vista a dificuldade de construção e de análise dos modelos numéricos, foram criados scripts, contendo as sequências de comandos, os quais foram executados pelo ANSYS.

Os comandos necessários para a análise dos modelos numéricos no ANSYS foram escritos em função das propriedades elásticas e plásticas dos materiais, do comportamento das curvas experimentais tensão versus deformação, entre outros, os quais variam de um modelo para outro. Os referidos scripts do ANSYS e do TrueGrid estão apresentados nos apêndices D e E, e foram desenvolvidos, inclusive, para que possam ser novamente utilizados em pesquisas futuras que venham dar continuidade ao presente trabalho, ou em qualquer outro que venha a ser interessante este procedimento de construção de modelos numéricos.

A conversão da linguagem de programação do TrueGrid para o ANSYS foi realizada através da utilização do software TGEEdit.

Na sequência, são apresentados os modelos de corpos de prova analisados com conectores na disposição de 90 e 45°. São também ilustrados os pares de contato admitidos.

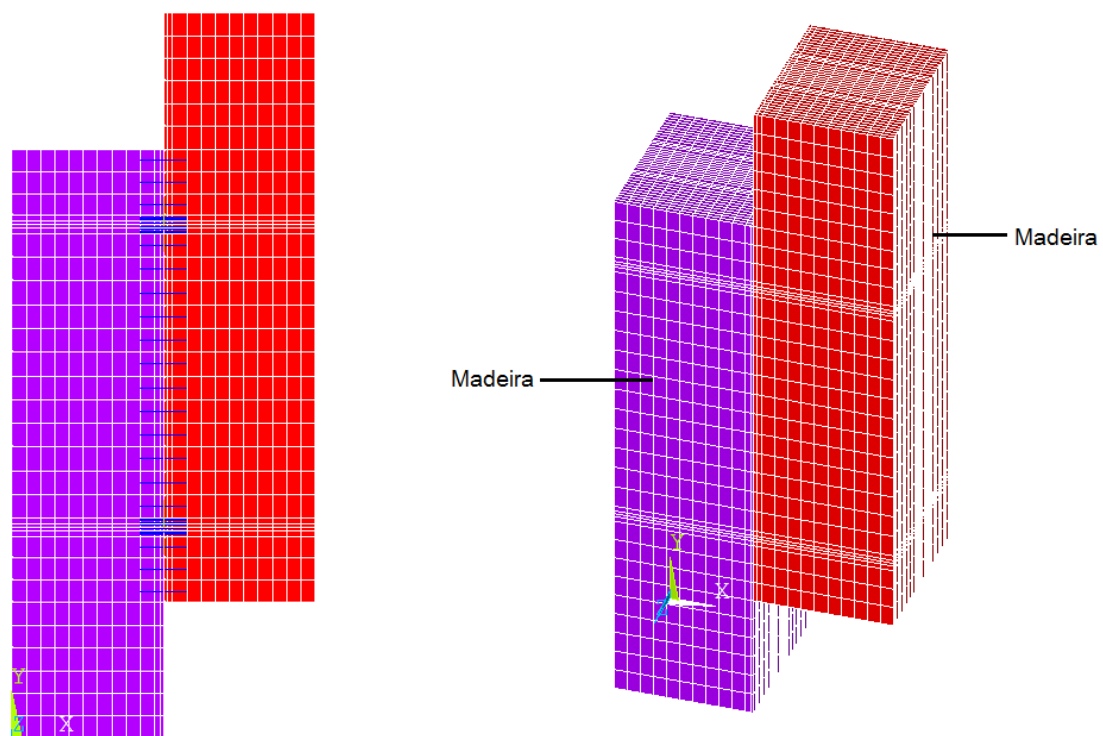


Figura 111 - Malha do corpo de prova com ligação de 90° – ANSYS

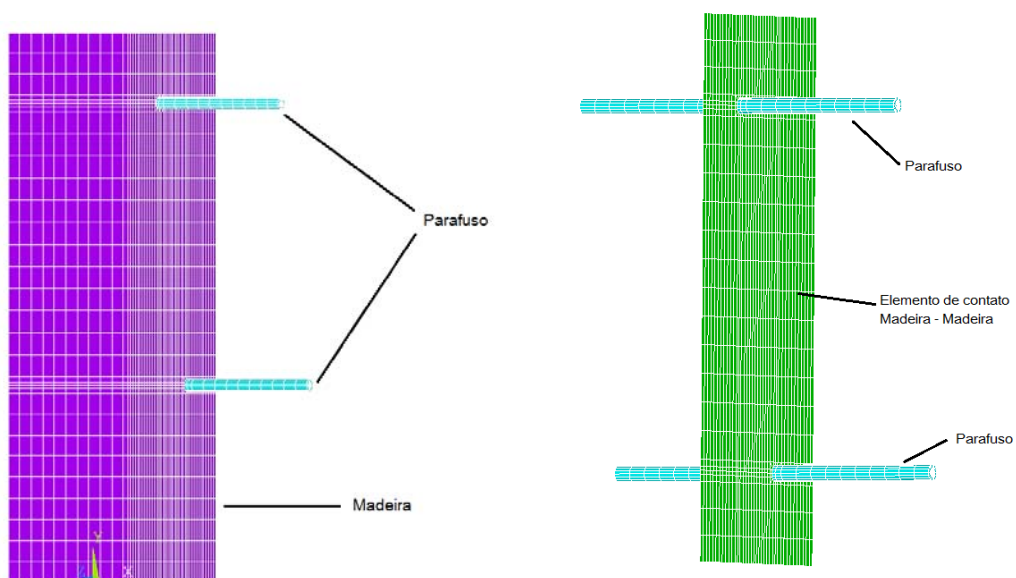


Figura 112 – Representação da malha no programa Ansys para parafusos auto-atarraxantes a 90°. (modelagem de 1/2 da estrutura)

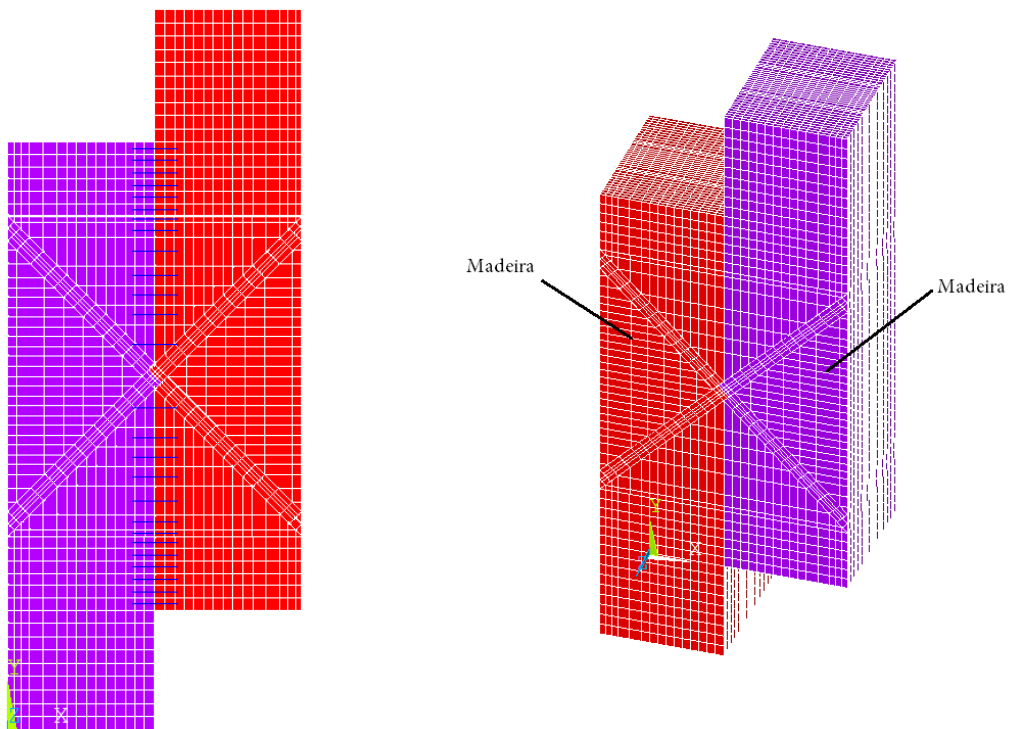


Figura 113 - Malha do corpo de prova com ligação de 45° – ANSYS

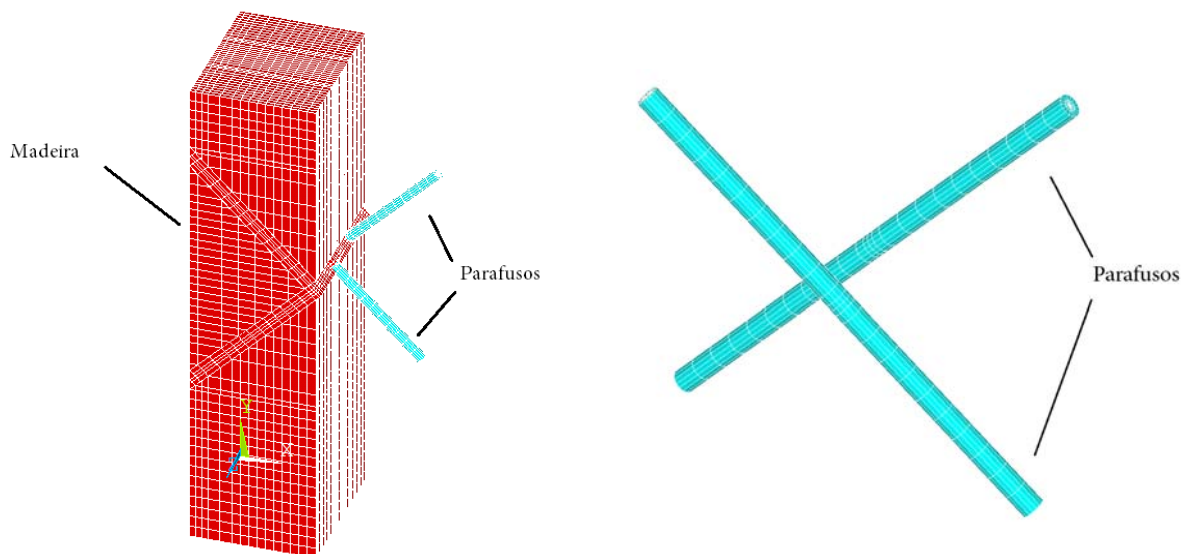


Figura 114 – Representação Ansys para parafusos auto-atarraxantes inclinados a 45°. (modelagem de 1/2 da estrutura)

9.5 Aço dos conectores

Para os conectores de cisalhamento foi adotado um modelo bi-linear, com encruamento isótropo, e critério de plastificação de von Mises, conforme a figura 115.

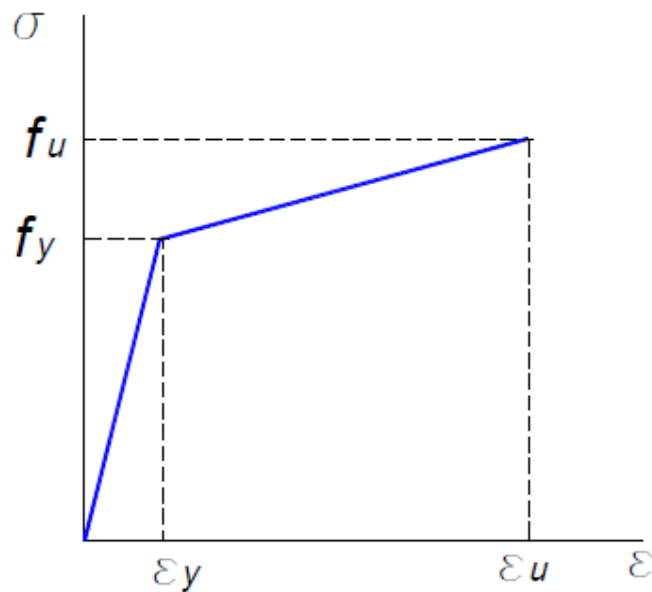


Figura 115 – Modelo constitutivo adotado para o aço dos conectores.

A caracterização do comportamento isotrópico admitido para do aço exigiu a utilização de quatro constantes: E (Módulo de elasticidade), σ_p (tensão de plastificação), E_T (módulo tangente) e ν (coeficiente de Poisson). Os valores das referidas constantes, neste caso, foram os mesmo utilizados por FLORES, RIOSECO e MATAMAL (2007).

9.6 Características dos elementos de contato

Como já mencionado, os contatos entre os elementos madeira-madeira foram estabelecidos pela utilização dos elementos conta173 (utilizado como superfície de

contato) e targe170 (utilizado como superfície alvo), disponibilizados na biblioteca do ANSYS.

Para se estabelecer a rigidez entre ambas as superfícies, alvo e contato, foi necessário informar ao ANSYS o valor do fator de rigidez normal de contato, identificado por meio do parâmetro FKN. Este parâmetro controla a intensidade de penetração e também o afastamento entre ambas as superfícies, razão pela qual tem grande influência na convergência durante o processamento do modelo. O valor admitido para o parâmetro FKN, neste caso, foi igual a 1,0 (default do ANSYS).

O método de solução para o contato impõe penetração nula quando o contato está fechado (existe contato entre as partes). O status do contato, fechado ou aberto, é estabelecido pelo parâmetro de controle ftoln (valor mínimo de penetração para que o contato seja considerado como fechado). O valor adotado para o parâmetro ftoln, neste caso, foi de 0,1 (default do ANSYS). O valor do coeficiente de atrito, admitido entre o par de contato madeira-madeira foi igual a 0,01 para os dois modelos.

9.7 Condições de carregamento e vinculações

No presente trabalho foram propostos dois diferentes modelos numéricos para a análise dos sistemas mistos de conexão “vertical” e em “X”. Dois desses modelos são referentes aos corpos de prova.

Para garantir a estabilidade dos modelos durante a aplicação dos carregamentos foram respeitadas as condições de simetria e também de vinculação dos nós dos apoios, conforme ilustrados na Figura 116 e na Figura 117. Todos os modelos analisados foram vinculados em concordância com os ensaios experimentais. Vale lembrar que os nós dos elementos utilizados nos modelos apresentam apenas três graus de liberdade que são referentes às translações em x, y e z (coordenadas locais).

A simulação numérica foi dividida em duas etapas. Na primeira efetuou-se a calibração dos modelos numéricos a partir dos carregamentos estáticos utilizados nos ensaios realizados. A validação dos modelos, no caso dos corpos de prova mistos, foi efetuada a partir da comparação do comportamento das curvas Força versus Deslocamento.

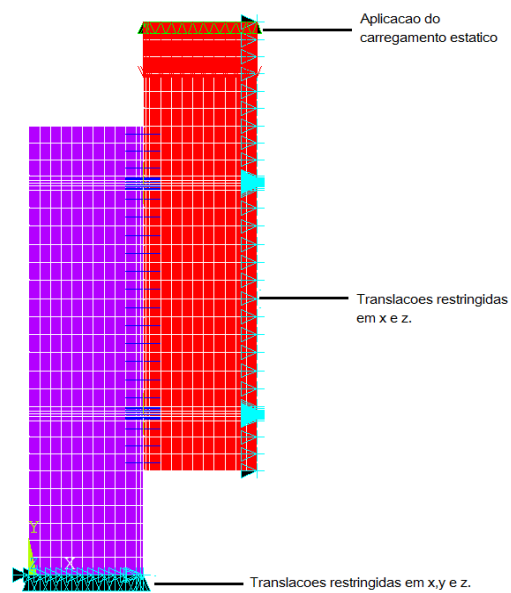


Figura 116 – Condições de carregamento e translação do corpo de prova com conectores em paralela.

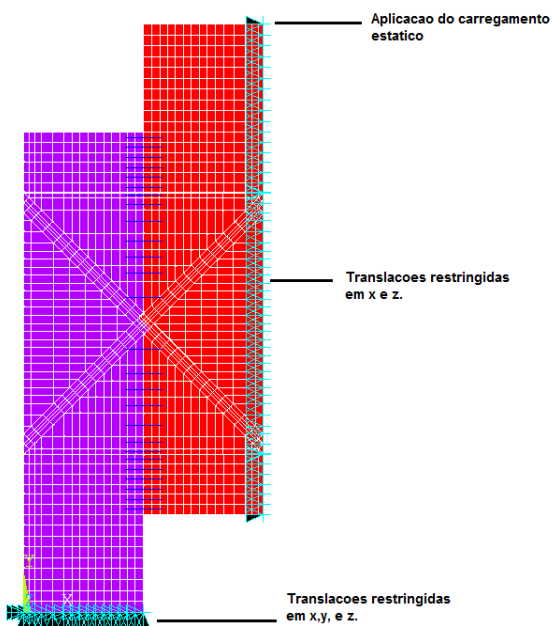


Figura 117 – Condições de carregamento e translação do corpo de prova com conectores em "X".

9.8 Caracterização do material

Para simularmos o comportamento da madeira no ANSYS optou-se pelo modelo de von Mises com comportamento isotrópico para o material, todos os E_x , E_y e E_z são iguais para todas as direções. O mesmo vale para os coeficientes de poisson e demais propriedades.

As propriedades elásticas da madeira foram obtidas através de ensaios experimentais retirados dos corpos de prova já ensaiados como mostra a Figura 118.



Figura 118 – Preparação do corpo de prova para compressão.

Esses corpos de prova das duas espécies foram submetidos à compressão paralela e perpendicular as fibras, os ensaios e Figuras força-deslocamento de cada corpo de prova estão apresentados no Apêndice B deste texto. A Tabela 33 mostra os resultados finais obtidos deste ensaio.

Tabela 33 – Resultados Experimentais, espécie de Lyptus a 90°.

| Carregamento | Espécie | Inclinação do parafuso | Parafuso | fc (MPa) | E (GPa) |
|-----------------|---------|------------------------|----------|----------|---------|
| Fibras Vertical | Pinus | 90 | 9 mm | 36.1 | 24.6 |
| | | 45 | 9 mm | 48.9 | 28.9 |
| | | 90 | 11 mm | 42.4 | 28.1 |
| | | 45 | 11 mm | 58.4 | 34 |
| | Lyptus | 90 | 9 mm | 74.4 | 46.9 |
| | | 45 | 9 mm | 67.8 | 33.3 |
| | | 90 | 11 mm | 76.7 | 42.5 |
| | | 45 | 11 mm | 74.5 | 32.3 |

| Carregamento | Espécie | Inclinação do parafuso | Parafuso | fc (MPa) | E (GPa) |
|-------------------|---------|------------------------|----------|----------|---------|
| Fibras Horizontal | Pinus | 90 | 9 mm | 8.5 | 7 |
| | | 45 | 9 mm | 10.0 | 4 |
| | | 90 | 11 mm | 10.9 | 7 |
| | | 45 | 11 mm | 12.6 | 6 |
| | Lyptus | 90 | 9 mm | 15.0 | 10 |
| | | 45 | 9 mm | 13.4 | 8 |
| | | 90 | 11 mm | 10.7 | 6 |
| | | 45 | 11 mm | 10.5 | 10 |



Figura 119 – Ensaio do corpo de prova a compressão perpendicular as fibras.

As relações entre as propriedades elásticas da madeira foram admitidas com base nos trabalhos desenvolvidos por BALLARIN e NOGUEIRA (2003), e também na norma de madeiras NBR 7190/1997.

Os valores das propriedades plásticas da madeira, assim como as relações entre eles, foram tomados com base nos trabalhos de DIAS (2005) e FLORES, RIOSECO e MATAMAL (2007). Admitiu-se no presente trabalho, para o valor da tensão última de plastificação da madeira (σ_z), na direção das fibras, o valor da resistência da madeira na compressão.

9.9 Resultados – análise numérica

As figuras 120 e 121 apresentam as distribuições das tensões para os modelos numéricos analisados, após o processamento dos mesmos no ANSYS, a partir da aplicação dos carregamentos.

Os valores de tensão são apresentados para cada um dos diferentes materiais envolvidos nas conexões analisadas, a partir de uma escala gradativa fornecida pelo ANSYS referente a cada dos materiais. Esses valores também são visualizados nas figuras apresentadas a partir de diferentes cores que representam os níveis de solicitação para cada caso.

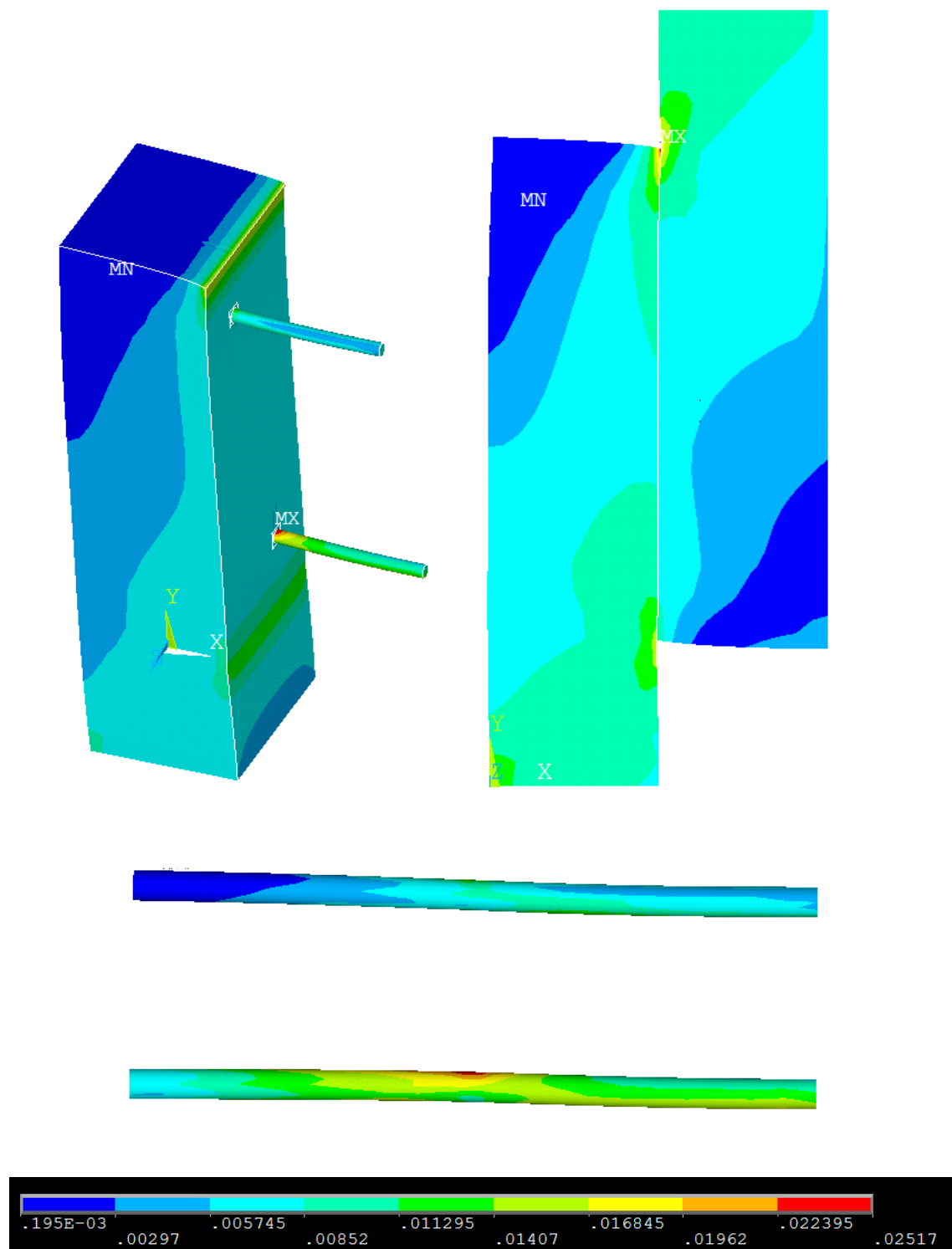


Figura 120 – Representação da distribuição das tensões no corpo de prova pela escala gradativa fornecida pelo programa ANSYS para parafusos auto-atarraxantes a 90°. (modelagem de 1/2 da estrutura)

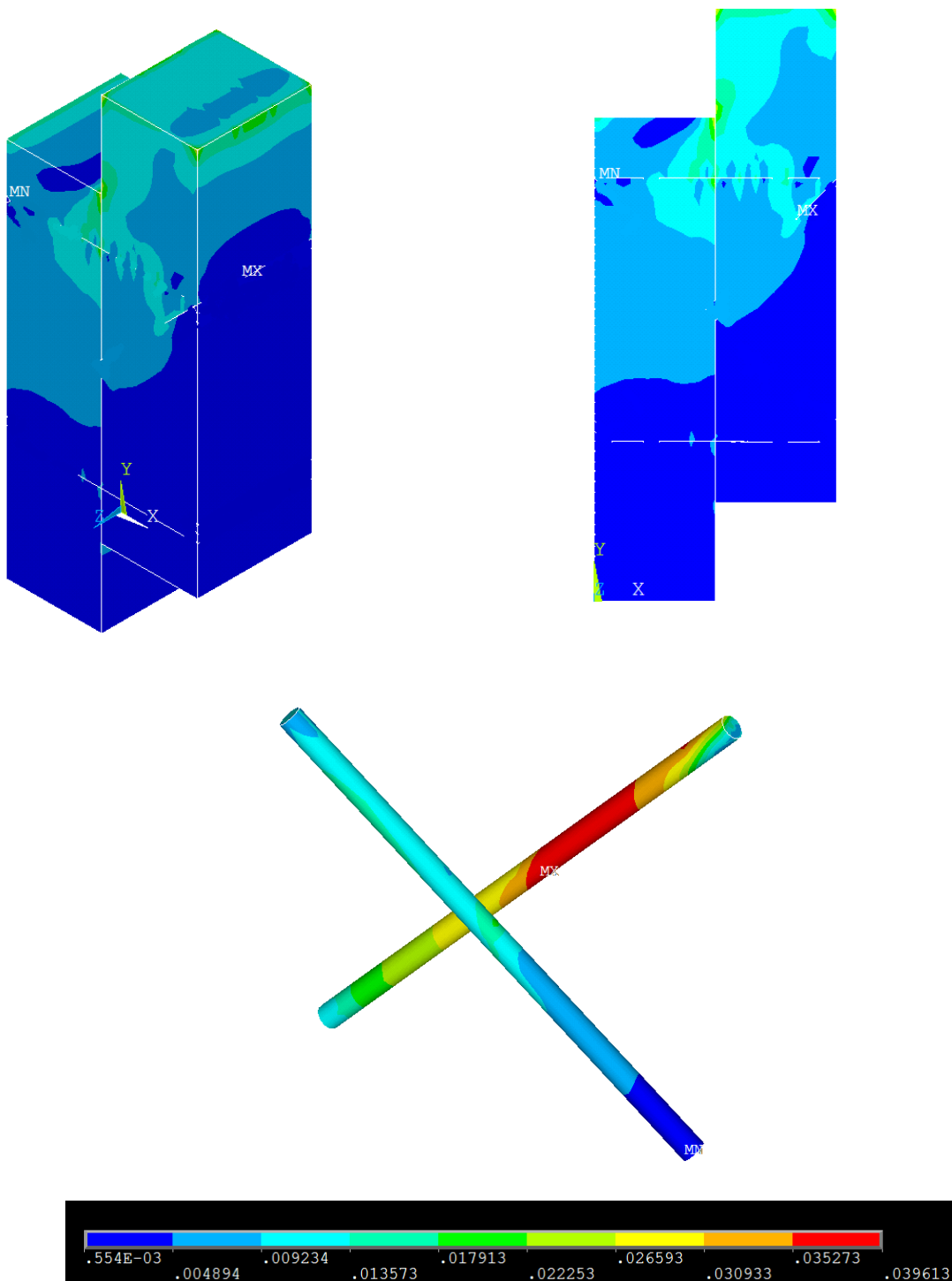


Figura 121 – Representação da distribuição das tensões no corpo de prova pela escala gradativa fornecida pelo programa ANSYS para parafusos auto-atarraxantes a 90°. (modelagem de ½ da estrutura)

As curvas “numéricas”, para todos os modelos analisados foram plotadas até o ponto máximo onde foi possível a obtenção de convergência dos resultados em correspondência a uma tolerância de 0,001. Vale ressaltar ainda, que em nenhum dos modelos analisados foi possível a obtenção do comportamento da curva numérica Força versus Deslocamento para valores próximos aos valores de ruptura.

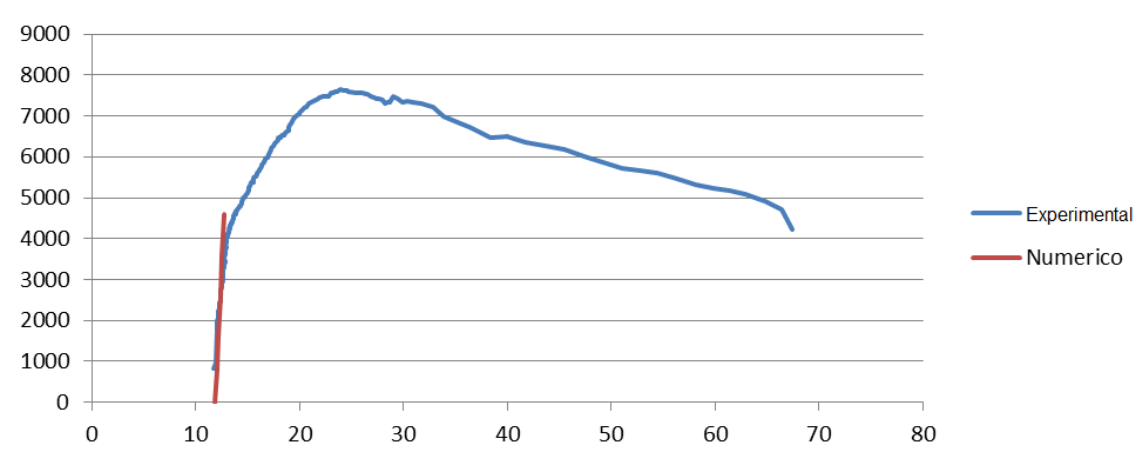


Figura 122 – Comportamento da curva numérica de Força versus Deslocamento para o corpo de prova de conector paralelo (N/mm).

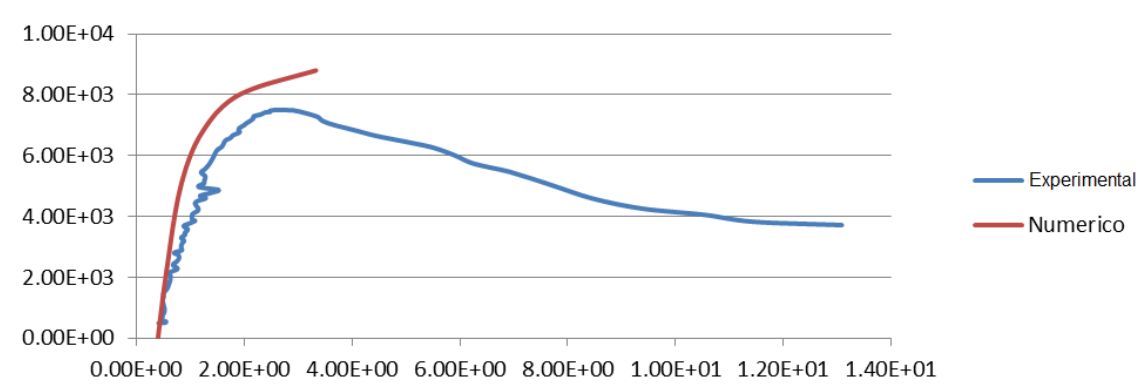


Figura 123 – Comportamento da curva numérica de Força versus Deslocamento para o corpo de prova de conector em “X” (N/mm).

10 DISCUSSÃO

As curvas de calibração força versus deslocamento, obtidas para os modelos numéricos, tenderam a uma inclinação ascendente, logo após o início do trecho não linear. Esse comportamento se deve ao fato do elemento finito SOLID45, utilizado na modelagem das peças de madeira, ser um elemento bastante simples e pouco flexível. Neste caso, por mais que se refine a malha dos elementos não se obtém melhoras no comportamento das curvas.

As relações entre força e deslocamento, obtidas para os modelos analisados, apresentaram basicamente um mesmo comportamento, ou seja, a fase inicial das curvas apresentou um comportamento linear governado, principalmente, pelo fator FKN e pelos coeficientes de atrito e , a partir de uma determinada força a relação começou a apresentar um comportamento não linear, devido a não linearidade física dos materiais.

A modelagem da madeira não é uma tarefa simples devido à possibilidade de existência de imperfeições (distorções nas direções das fibras e presença de nós) que influenciam no seu comportamento. Geralmente a madeira é caracterizada por três direções ortogonais, ou seja, direção longitudinal (paralela às fibras), tangencial e radial, tendo cada uma das direções do material propriedades mecânicas diferentes das outras duas direções, como também comportamentos diferentes na tração e na compressão. Na compressão, o comportamento da madeira é relativamente plástico, podendo ser aproximado por uma lei constitutiva elasto-plástica com endurecimento. Na tração, o comportamento da madeira é frágil e, neste caso, o modelo elasto-plástico não representa verdadeiramente o comportamento do material.

O comportamento na solicitação é diferente para os dois modelos de conectores. No conector reto os comportamentos na interface de solicitações são equivalentes, pois os dois conectores tendem a plastificar pela dobra na interface (plano de corte) da madeira.

Já no conector em “x”, o conector comprimido, tende a apresentar uma rótula plástica (tende a dobrar em função da tensão aplicada), enquanto que no conector tracionado; isso não acontece porque o conector é puxado por inteiro quando o corpo de prova é solicitado.

Por fim, na caracterização da madeira, foram utilizados valores aproximados para as propriedades plásticas do material sendo estas propriedades determinadas, neste caso, como base na resistência da madeira na compressão.

11 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade de aplicação e avaliar a resistência de uma forma alternativa de ligação, na qual se utilizam parafusos auto-atarraxantes solicitados por esforços de tração, compressão e cisalhamento, utilizando dois tipos de espécies de reflorestamento em duas direções de fibras com base em situações utilizadas na construção civil.

O arranjo de 45°, onde o parafuso é solicitado na tração e compressão, demonstrou um empenho muito maior independente da direção da fibra em estruturas de madeira, graças ao tipo de parafuso e a resistência obtida nas ligações. Assim no futuro, esperamos que esta configuração de ligação apresente vantagens em relação a outros tipos de ligação atualmente utilizados, em virtude da sua facilidade de colocação, possibilitando assim uma melhoria na industrialização e conseqüentemente uma maior produtividade na execução de estruturas.

No decorrer dos ensaios ficou evidenciado que a ferramenta ideal para fixar esses tipos de parafusos é uma parafusadeira com alta rotação e regulagem de torque, pois mantém em perfeitas condições os parafusos e as ferramentas, evitando quebras e aplicando o torque necessário para a fixação do parafuso.

Com relação à pré-furação, ela só deve ser realizada caso não haja equipamentos necessários para manter a inclinação do parafuso durante sua colocação ou a incerteza de perfuração, ela deve ser feita a proporcionar maior facilidade de execução das ligações. Recomenda-se que quando o local é de difícil acesso que seja feita a pré-furação, com o diâmetro de broca de 2 milímetros menor da do parafuso.

Por meio da análise estatística realizada nos ensaios, foi possível constatar que as espécies de madeira e a orientação da fibra são fatores que causam variações importantes na resistência da ligação.

Trabalhos futuros, precisam ser realizados com parafusos auto-atarraxantes de diâmetros diferentes, para verificar então o melhor comportamento das fórmulas fornecidas pelo EuroCode, principalmente com parafusos de diâmetros menores que 6 mm ou maiores que 12mm; enquanto isso recomenda-se a utilização da fórmula (3) por ser uma fórmula mais conservadora.

Como foi evidenciado, o resultado obtido da norma NBR para o ensaio de ligação é muito inferior à norma EN o que nos leva a uma norma mais conservadora, gerando assim um coeficiente muito maior do que o necessário.

Os modelos numéricos propostos neste trabalho foram capazes de simular o comportamento mecânico da conexão “vertical” e em “X”, não somente na fase elástica linear, mas também no início da fase não linear, quando se inicia o processo de plastificação dos materiais.

A partir dos modelos propostos não foi possível prever o comportamento das curvas força versus deslocamento para valores últimos de ruptura, pois os elementos finitos utilizados nos referidos modelos consideram somente efeitos de elasticidade e plasticidade dos materiais.

As simulações numéricas possibilitaram também a análise do comportamento dos sistemas mistos, não somente sobre o aspecto global, a partir da relação força versus deslocamento, mas também com relação aos aspectos localizados, como a verificação das tensões nas regiões dos conectores e demais componentes dos modelos.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO A. **Indagine sperimentale su elementi lignei a comportamento ultimo duttile o pseudoduttile**. Defesa de mestrado. Universita degli studi di Trento, 247p, 2004. Orientador Prof. Dr. Maurizio Piazza.

AMERICAN FOREST AND PAPER ASSOCIATION - AF&PA & AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS – ASCE. **Standard for Load and Resistance factor Design (LRFD) for engineered wood construction**. AF&PA-16-95. Virginia, 1996.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS (2010). D1761 **Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Wood**, West Conshohocken. p 11
ANSYS versão 11.0 **Documentation**, ANSYS, Inc.

ABIMCI Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada e Manufaturada - **Artigo Técnico Número 24 - Aplicação da Madeira na Construção Civil** (2004), 4p.

ABRAF Associação brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - **Anuário estatístico da ABRAF**, 2009.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. (2003) **Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de Pinus taeda L.** Rev. Árvore, vol. 27 n. 3 Viçosa, 2003.

BLASS H.J. e BEIJTKA I (2002) **Joints with inclined screws**. Proceedings, CIB-W18 Timber Structures, Meeting 35, Paper 35-7-5, Kyoto, Japan.

BS DD ENV 1993-1-1:1992 - Eurocode 3. **Design of steel structures. General rules and rules for buildings**. British Standards Institution, London, 366 p, 1992.

BS EN 26891:1991 - **Timber structures. Joints made with mechanical fasteners. General principles for the determination of strength and deformation characteristics**, British-Adopted European Standard, Madrid, 8p, 1991.

BS EN 28970:1991 - **Timber structures. Testing of joints made with mechanical fasteners. Requirements for wood density**, British-Adopted European Standard, Madrid, 6p, 1991.

CALIL JR. (2006). **Utilização da Madeira em Construção Rurais**. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, Campina Grande, v. 1, p. 71-77, 1997.

CARGNIN, O. (2005) **Alternativas das florestas de pinus**. Disponível em: <http://www.valeverde.org.br/html/clipp2.php?id=3752&categoria=Biodiversidade>. Consultado em 28/09/11.

CORREIA, Ricardo R.; DIAS, Antônio A. **Ligações de peças de madeira com parafusos auto-atarraxantes**. In: Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira, oito, (VIII EBRAMEM), 2002, Uberlândia, MG.

CUNHA, J.; CARRASCO, E.; BRANCO, J.; LORENCO, P. (2012). **Ligações Estruturais em Madeira Laminada Colada Cruzada (CLT) Utilizando Parafusos Autoperfurantes**. In: XXXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, 9. 2012, Rio de Janeiro. Anais.

DEUTSCHE NORM (2004), DIN1052:2004 Entwurf, **Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Aligemelne Bemessungsregein und Bemessungsregein fur den Hochbau**, Gesamtumfang. p 235.

FERGON (2008). **Eucalipto Lyptus – A Natureza Agradece**. Disponível em: http://www.fergontopseg.com.br/Eucalipto_Lyptus.asp

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material. General Technical Report (FPL-GTR-113)**. 1999, 463 p. Madison.

Available from: <<http://198.150.87.8/documnts/fplgtr/fplgtr113/fplgtr113.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2002.

ISO 261:1998 - **ISO general purpose metric screw threads -- General plan**

ISO 262:1998 - **ISO general purpose metric screw threads -- Selected sizes for screws, bolts and nuts**

JULIO C. Molina. **Análise do Comportamento Dinâmico da Ligação por Barras de Aço Coladas para Tabuleiros Mistos de Madeira e Concreto para Ponte.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 270p, 2008. Orientador Prof. Dr. Carlito Calil Jr.

Lima Walter de Paula (2004). **Impacto Ambiental das florestas plantadas.** Disponível em: <http://www.cпамn.embrapa.br/agrobioenergia/palestras/IMPACTO%20AMBIENTAL%20DAS%20FLORESTAS%20PLANTADAS%20.PDF> Consultado em 18/08/1

MARCOS H. F. VITAL (2007). **Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto.** Revista do BNDS, Rio de Janeiro V. 14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007.

MISCHLER, A. (2000). **Verbindungen und verstärkungen mit axial beanspruchten schrauben.** Technik in holzbau. SAH - Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung.

NBR 7190 – 1997 – Norma Brasileira de Projetos de Estruturas de Madeira.

NCh 1198 – 2006 – **Madera-Construcciones em madera – Calculo**, Instituto Nacional de Normalizacion – INN – Chile, 101 p, 2006.

NEGRÃO, J.; Faria, A. (2009). **Projeto de Estruturas de Madeira.** Portugal; Publindustria.

CASTRO P. M. F. **Ligações em Estruturas de Madeira Tecnologia e Dimensionamento de acordo com o EUROCODIGO 5**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, Portugal, 165p, 1994.

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

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

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

RAMSKILL, Thomas E. **Effect of cracking on Lag Bolt Performance**. Dissertation (PhD), Virginia Polytechnic Institute and State University, Aug. 2002, 280 p.

DUARTE R. S.. **Avaliação do Comportamento de Ligações com Parafusos Auto-Atarraxantes em Vigas de MLC**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 248p, 2004. Orientador Prof. Dr. Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco.

CORREIA R. **Avaliação da resistência de ligações com parafusos auto-atarraxantes do tipo torx solicitados por tração axial, em peças de madeira**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 89p, 2002. Orientador Prof. Dr. Antonio Alves Dias.

ROTHOBLAAS 2012, **Corso fixing safe house, Couso Progettazione Connessioni**: Cortaccia, Italia. 2012. 234p.

SHIMIZU, J. Y. (2008), **Pinus na Silvicultura Brasileira**, Universidade Federal de Santa Maria, 2008, 6p.

THOMAS, U.; Hans, J. B. (2010). **Determining Suitable Spacings and Distances for self-tapping Screws by Experimental and Numerical Studies.** World Conference on Timber Engineering, Riva del Garda, 8p.

13 APÊNDICE A

13.1 Ensaios com parafuso de 9 mm horizontal

Na seqüência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Pinus.

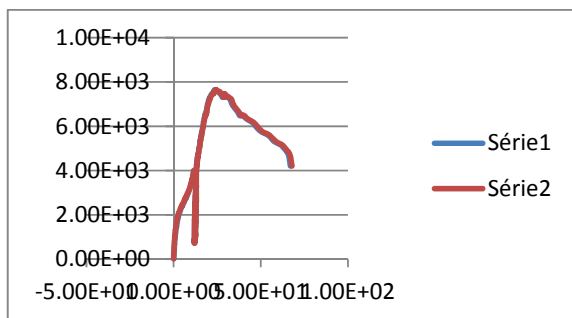


Figura 124 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

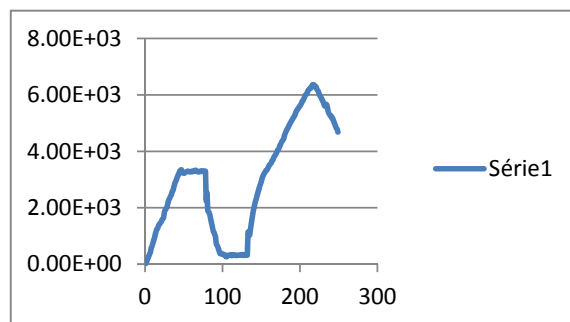
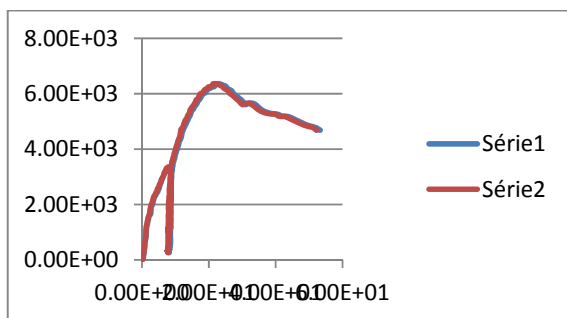
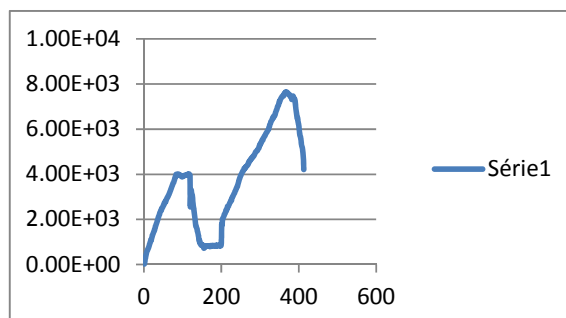


Figura 125 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

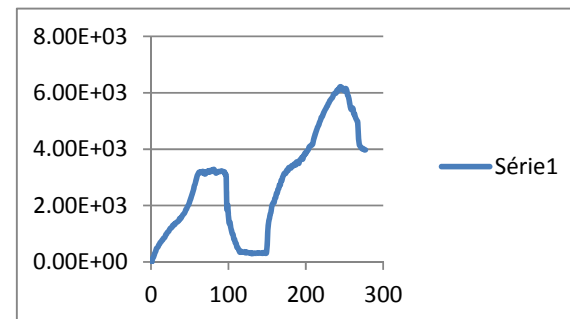
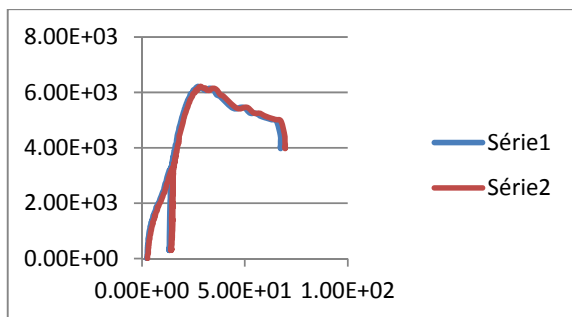


Figura 126 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

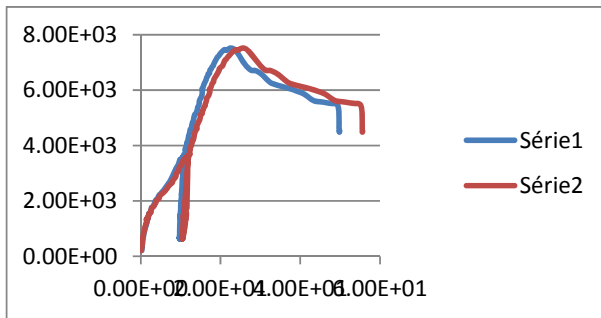


Figura 127 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

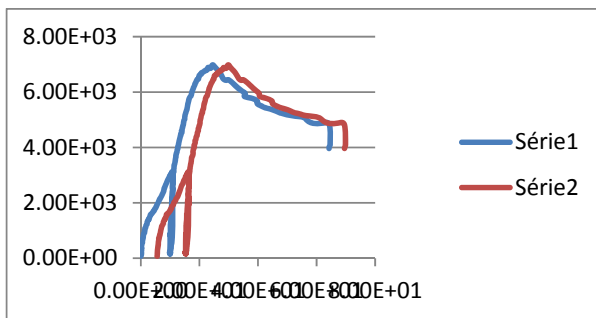
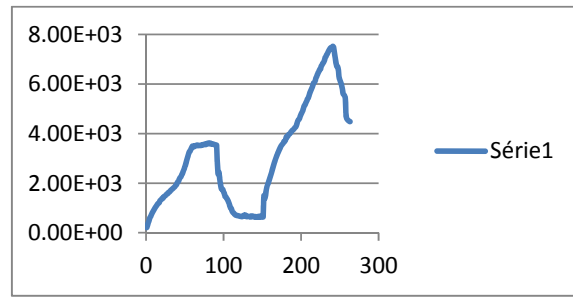


Figura 128 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

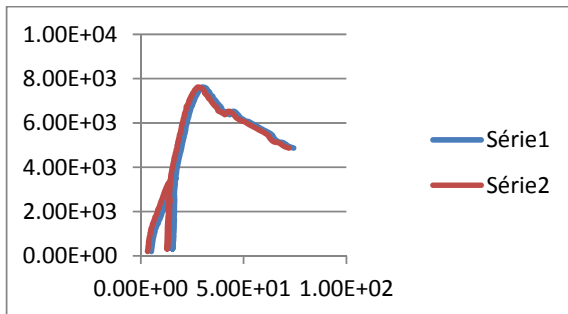
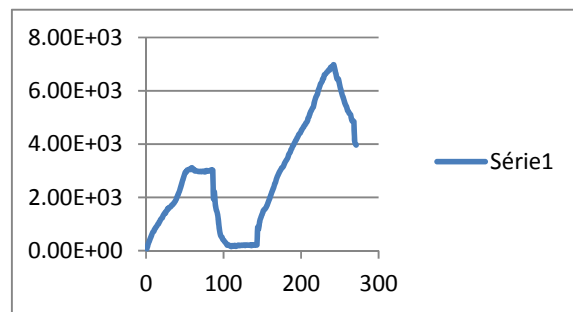


Figura 129 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

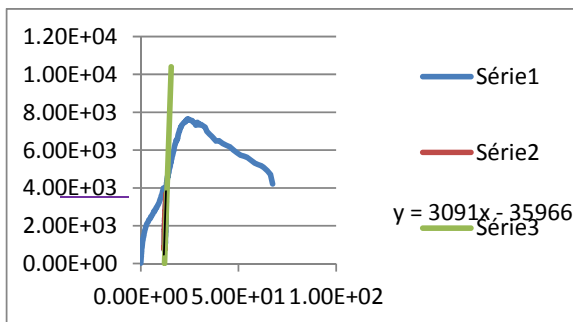
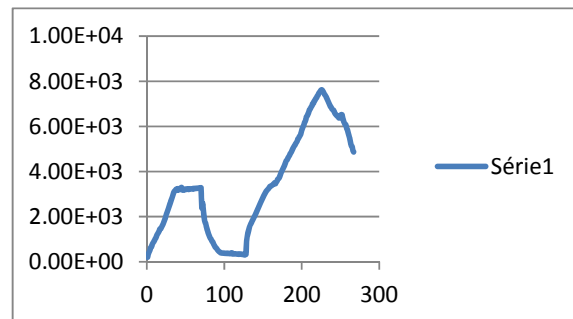


Figura 130 - CP 1 Resistência última da ligação.

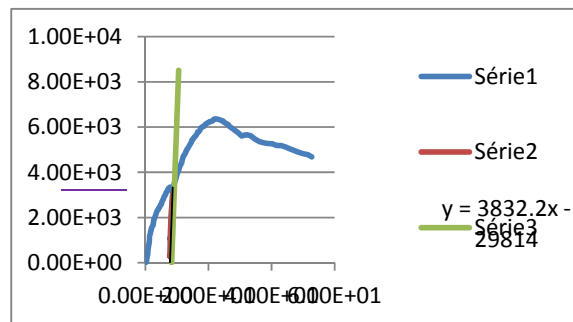


Figura 131 - CP 2 Resistência última da ligação.

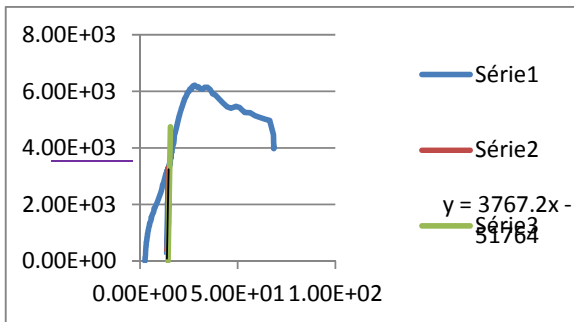


Figura 132 - CP 3 Resistência última da ligação

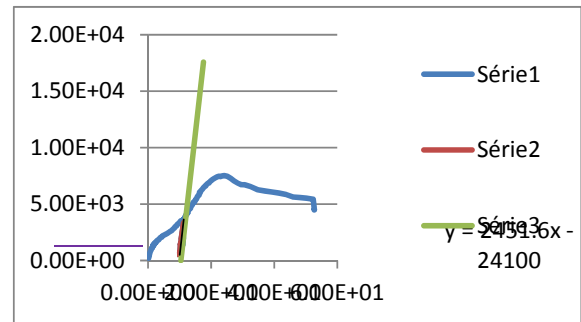


Figura 133 - CP4 Resistência última da ligação

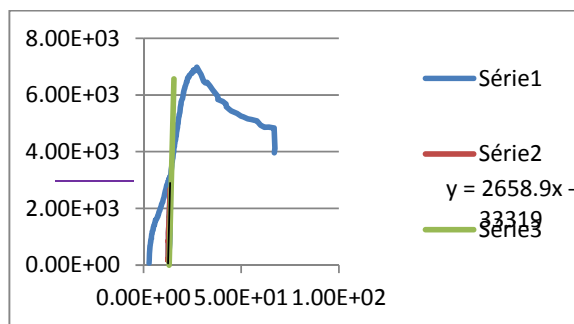


Figura 134 - CP5 Resistência última da ligação

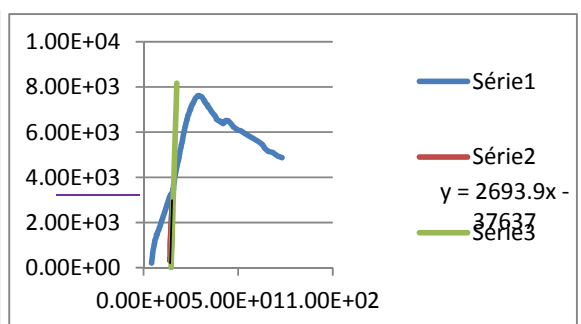


Figura 135 - CP6 Resistência última da ligação

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Pinus.

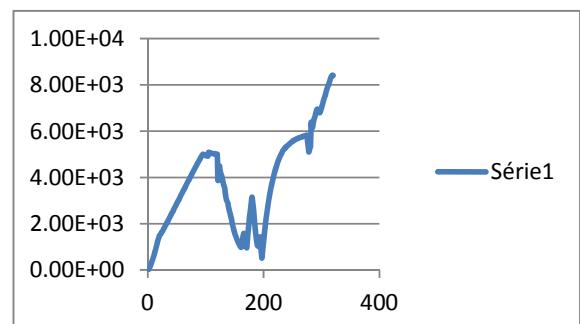
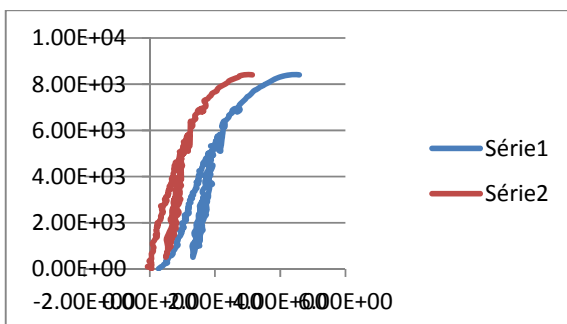


Figura 136 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

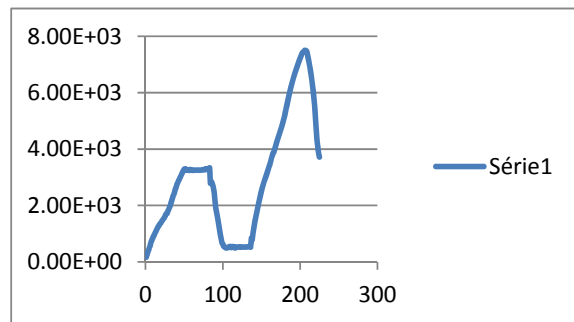
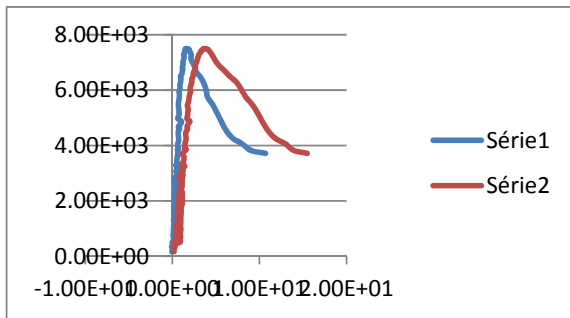


Figura 137 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

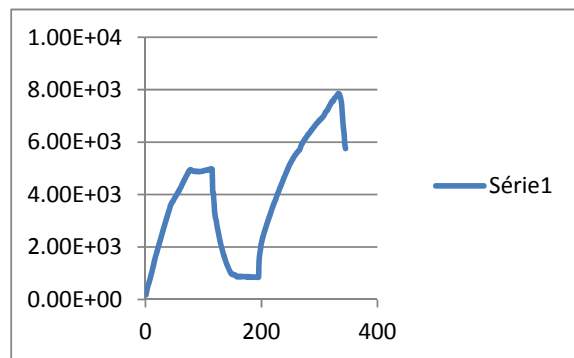
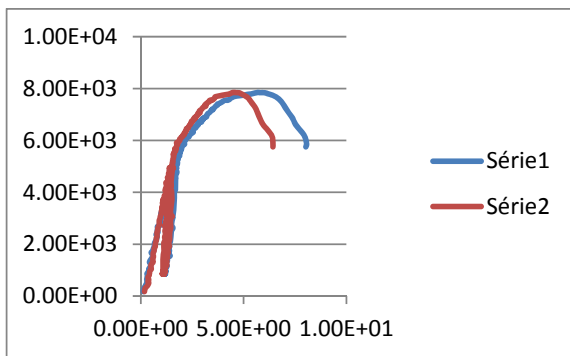


Figura 138 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

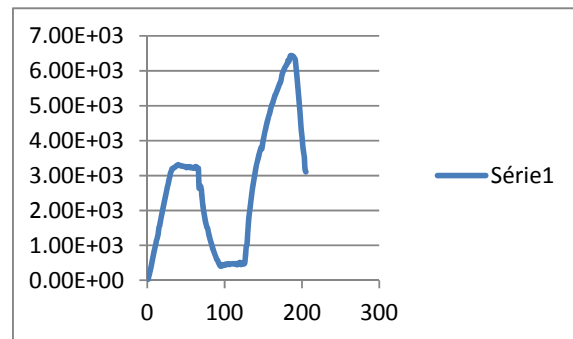
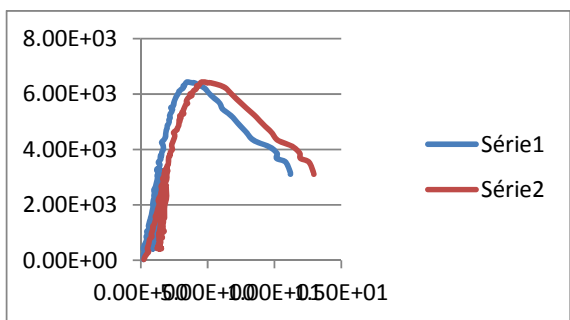


Figura 139 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

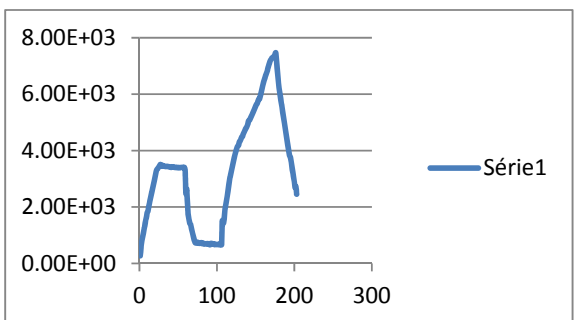
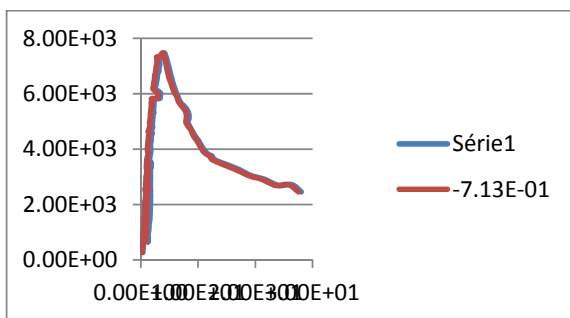


Figura 140 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

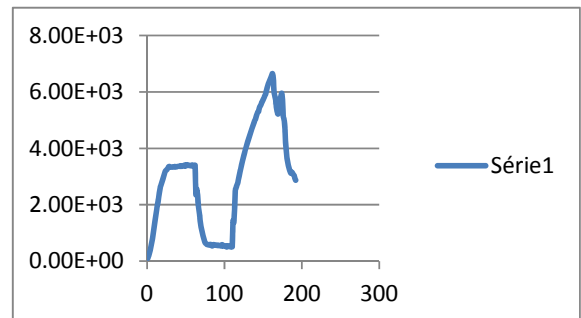
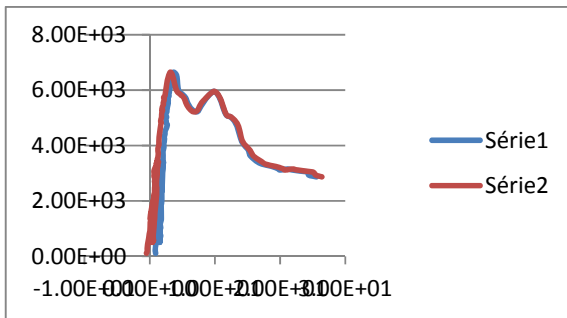


Figura 141 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

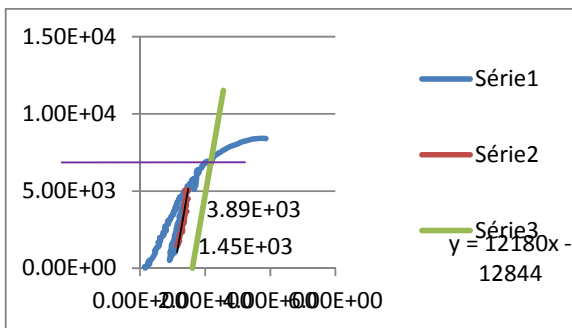


Figura 142 - CP1 Resistência última da ligação

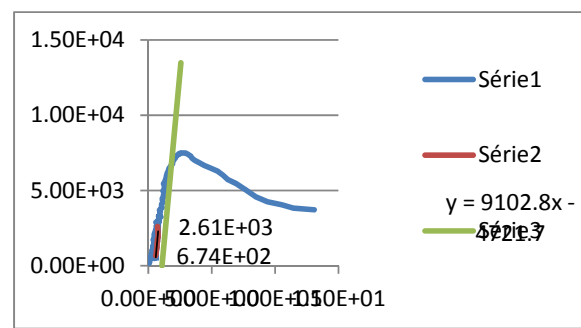


Figura 143 - CP2 Resistência última da ligação

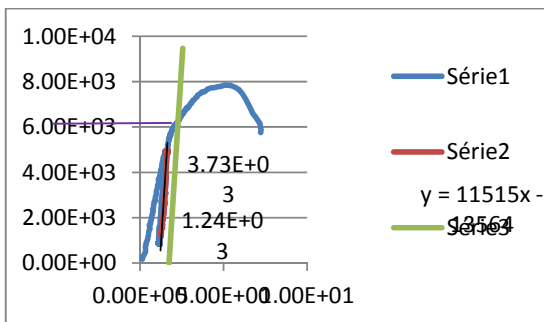


Figura 144- CP3 Resistência última da ligação

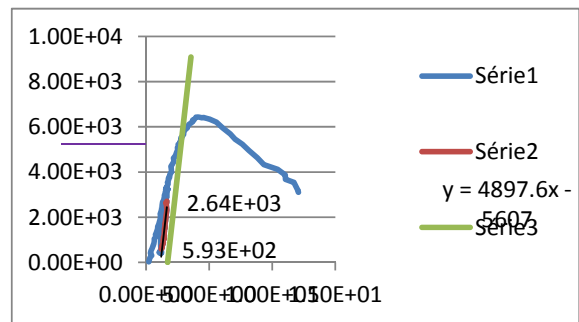


Figura 145 - CP4 Resistência última da ligação

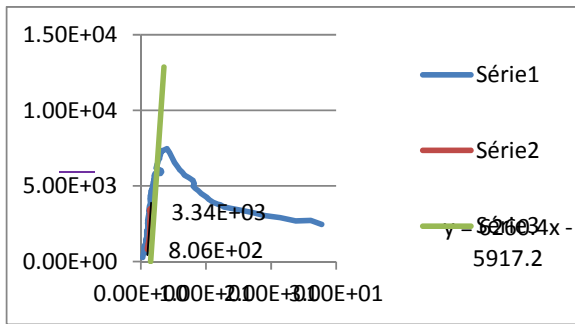


Figura 146 - CP5 Resistência última da ligação

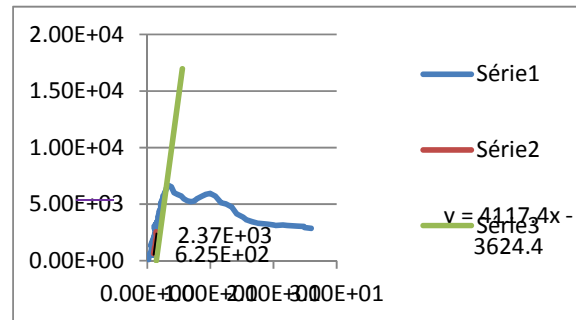


Figura 147 - CP6 Resistência última da ligação

Na seqüência estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Lyptus,

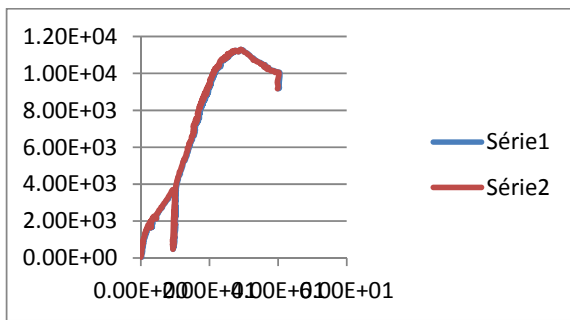


Figura 148 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

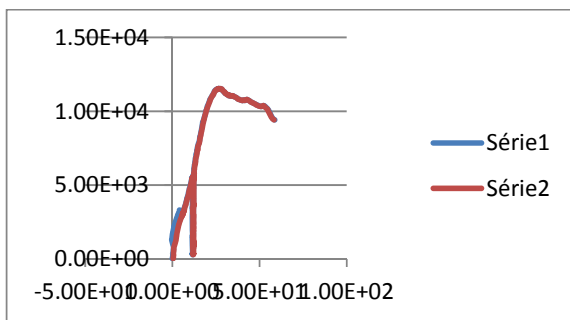
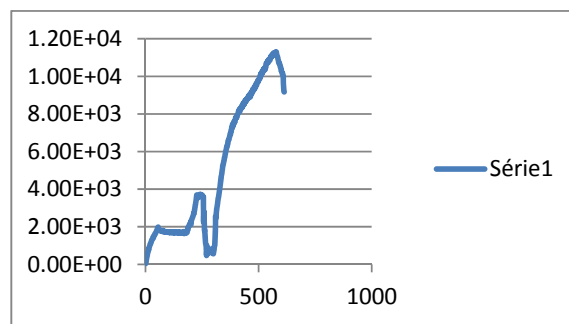
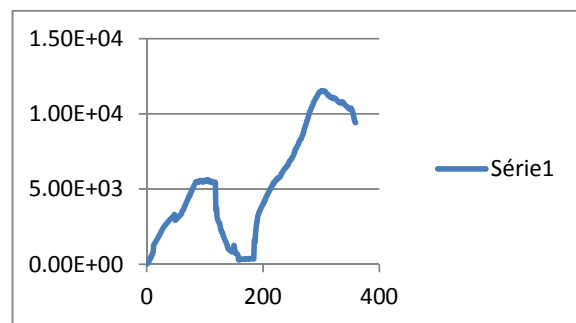


Figura 149 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento



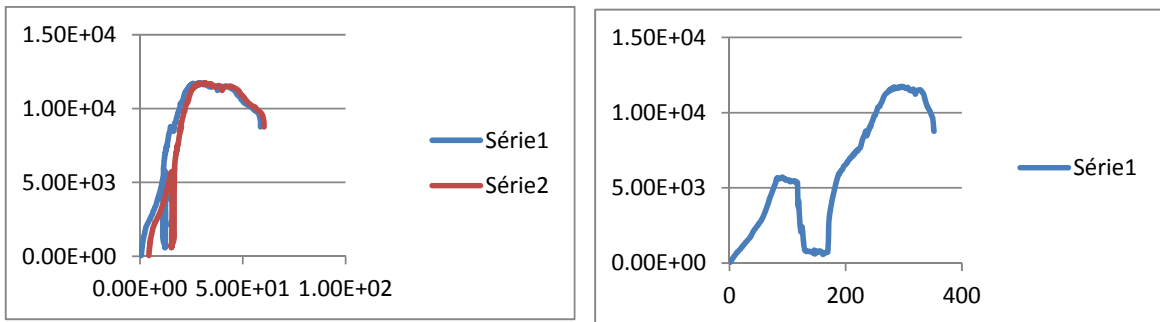


Figura 150 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

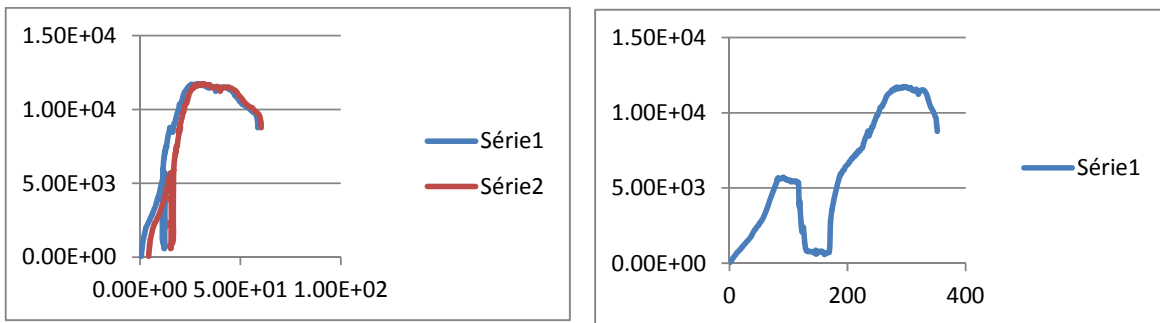


Figura 151 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

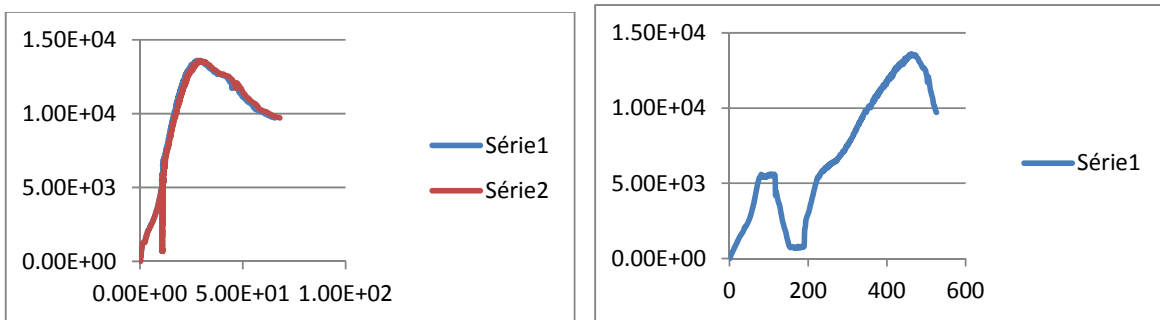


Figura 152 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

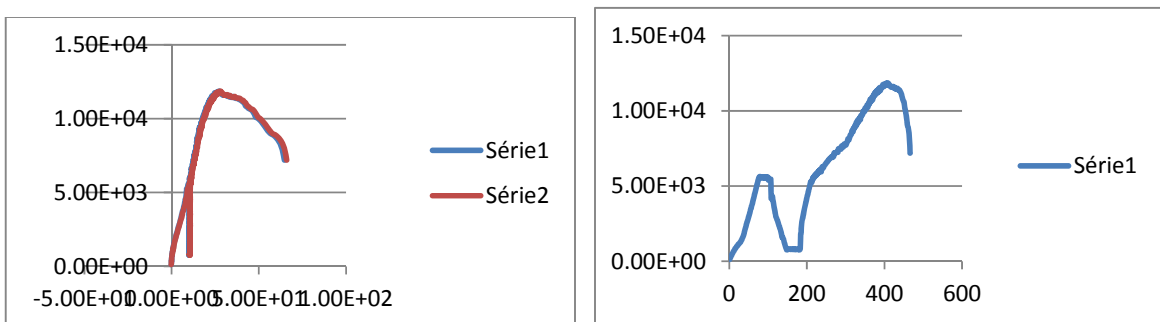


Figura 153 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

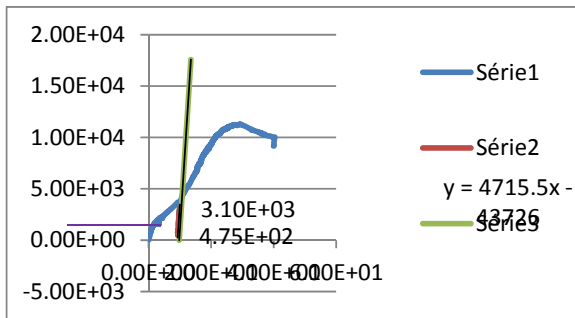


Figura 154 - CP1 Resistência última da ligação

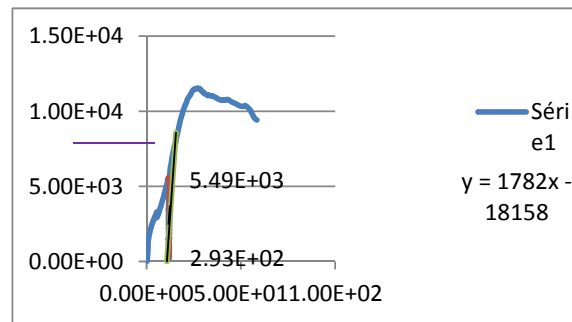


Figura 155 - CP2 Resistência última da ligação

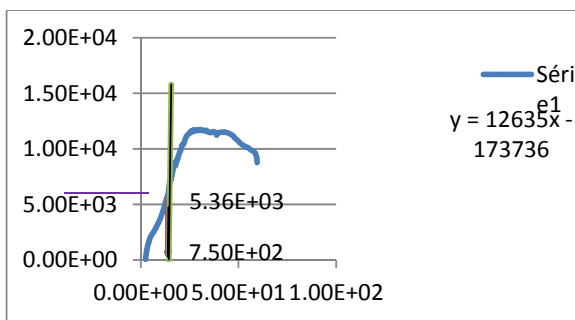


Figura 156 - CP3 Resistência última da ligação

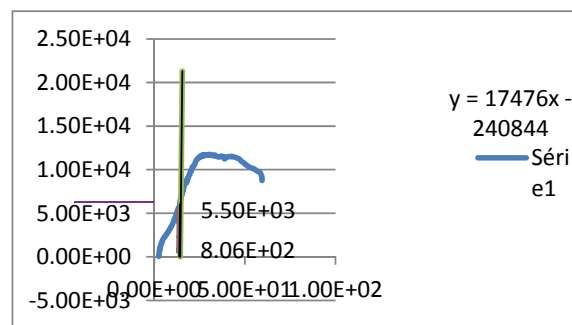


Figura 157 - CP4 Resistência última da ligação

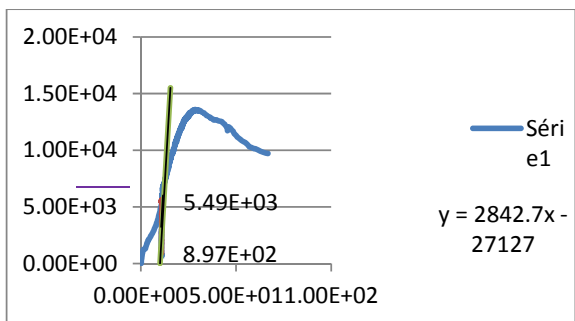


Figura 158 - CP5 Resistência última da ligação

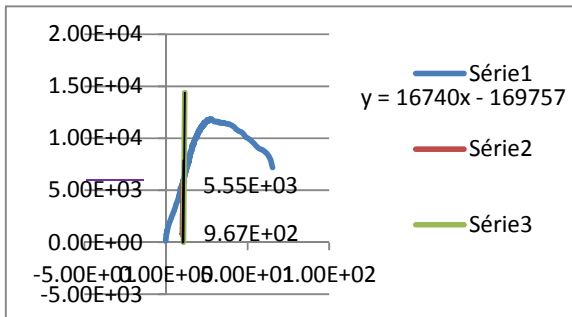


Figura 159 - CP 6 Resistência última da ligação

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Lyptus

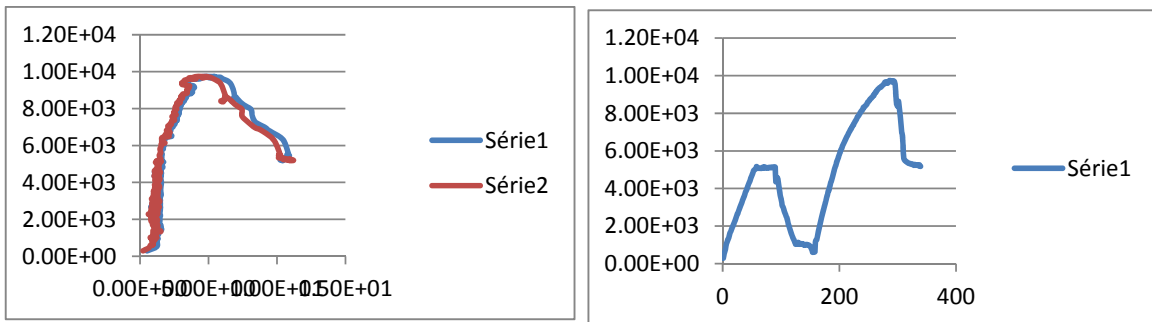


Figura 160 – Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

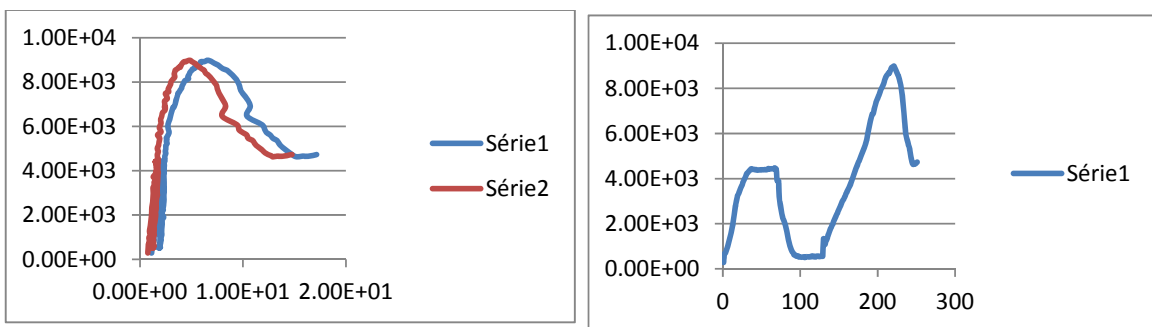


Figura 161 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

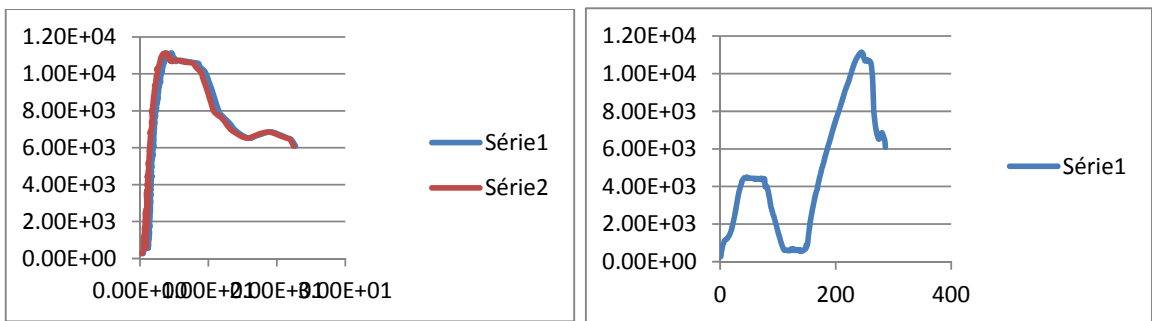


Figura 162 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

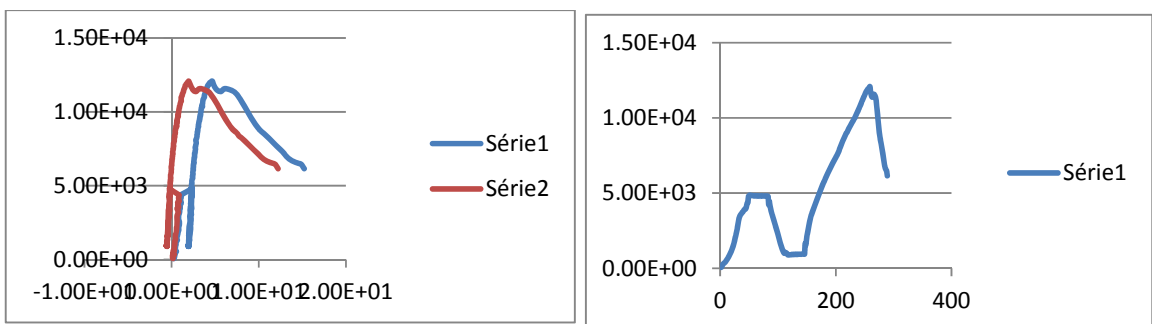


Figura 163 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

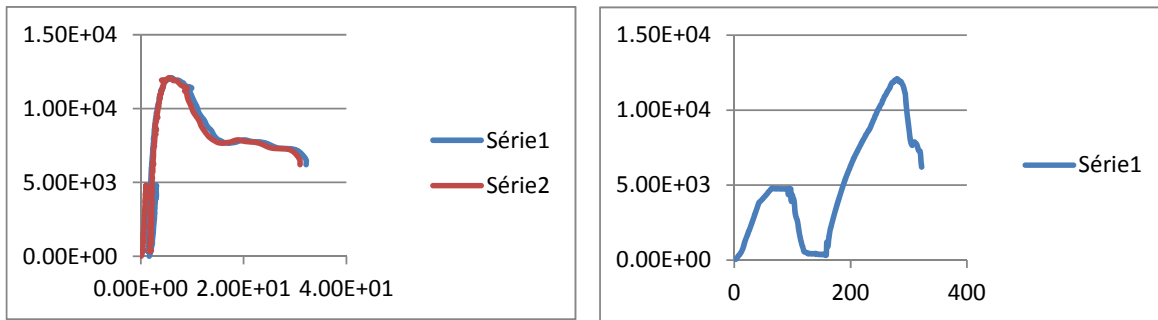


Figura 164 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

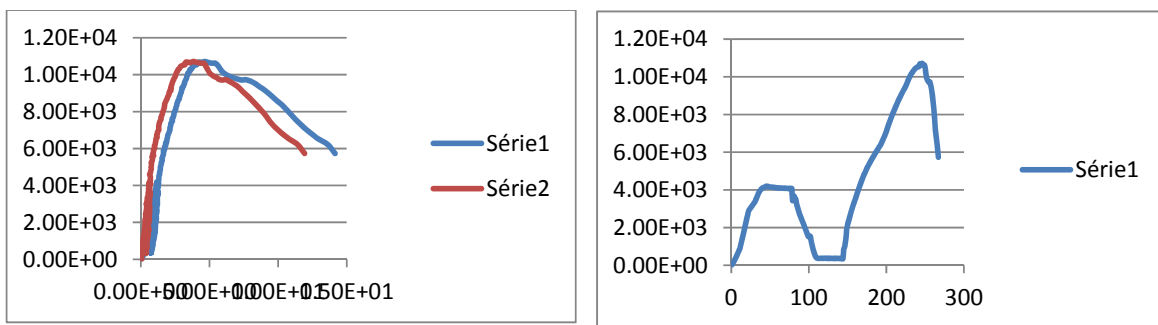


Figura 165 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

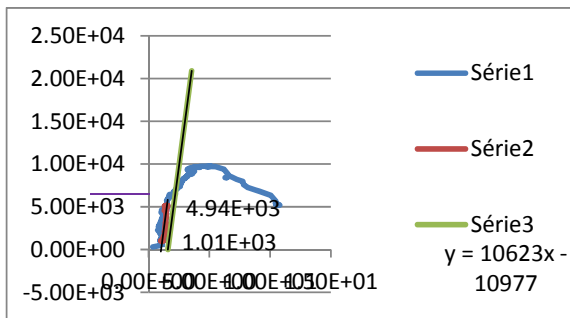


Figura 166 - CP1 Resistência última da ligação

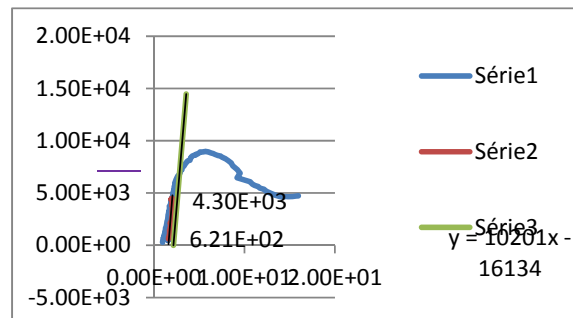


Figura 167 - CP2 Resistência última da ligação

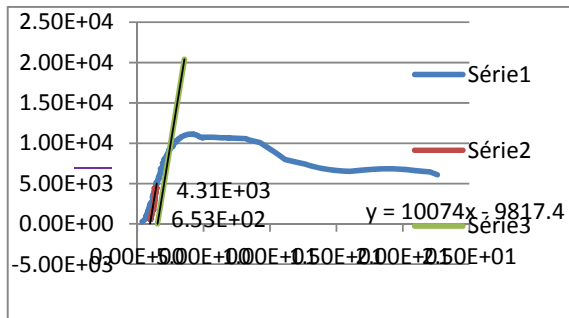


Figura 168 - CP3 Resistência última da ligação

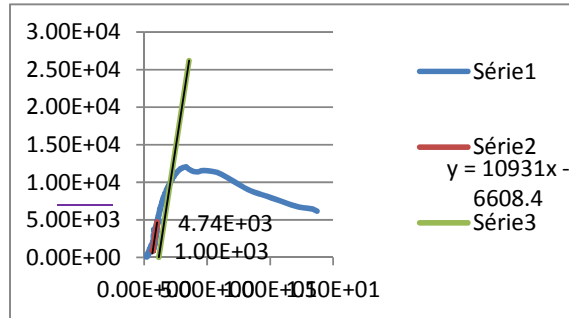


Figura 169 - CP4 Resistência última da ligação

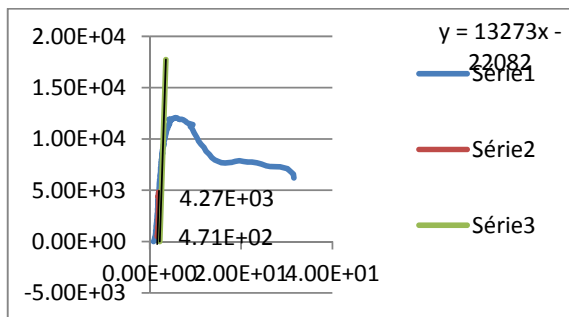


Figura 170 - CP5 Resistência última da ligação

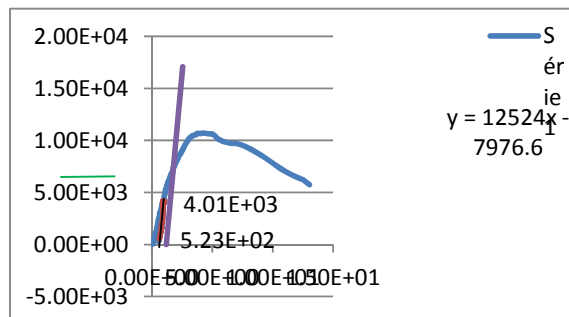


Figura 171 - CP6 Resistência última da ligação

13.2 Ensaios com parafuso de 11 mm na horizontal

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Pinus.

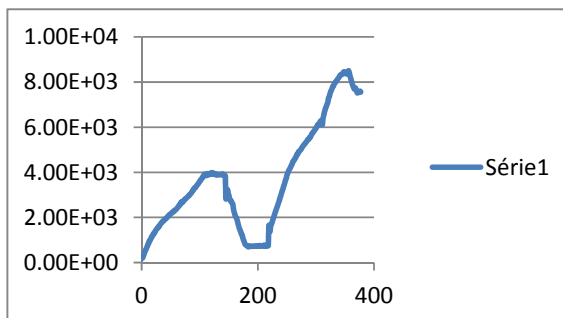
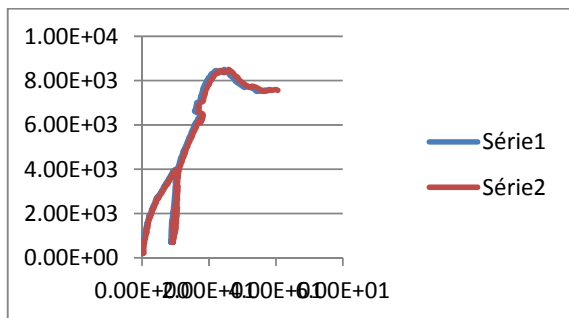


Figura 172 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

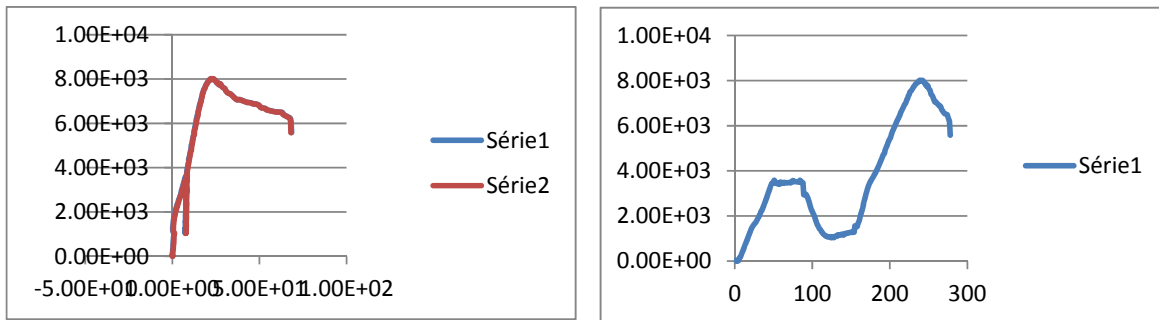


Figura 173 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

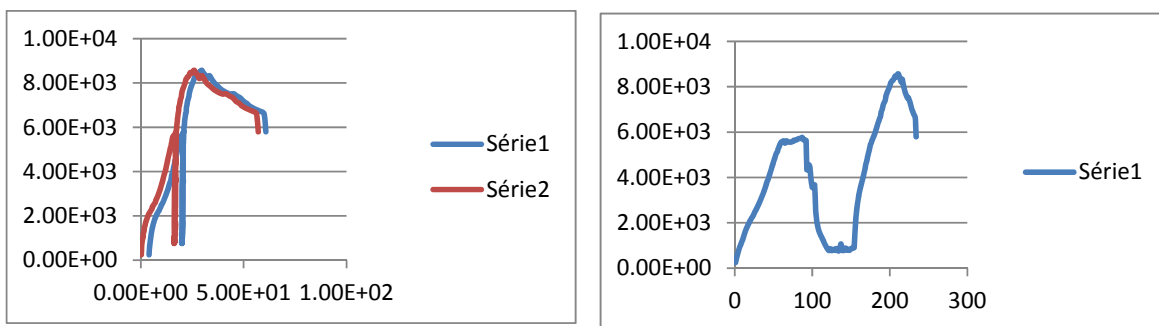


Figura 174 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

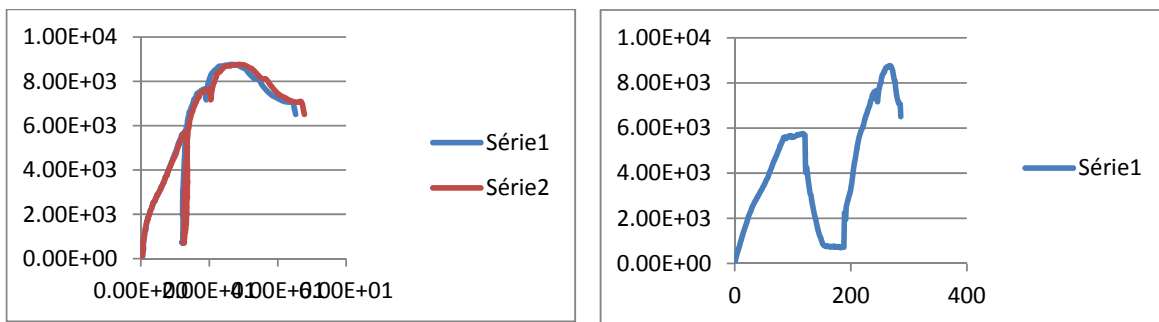


Figura 175 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

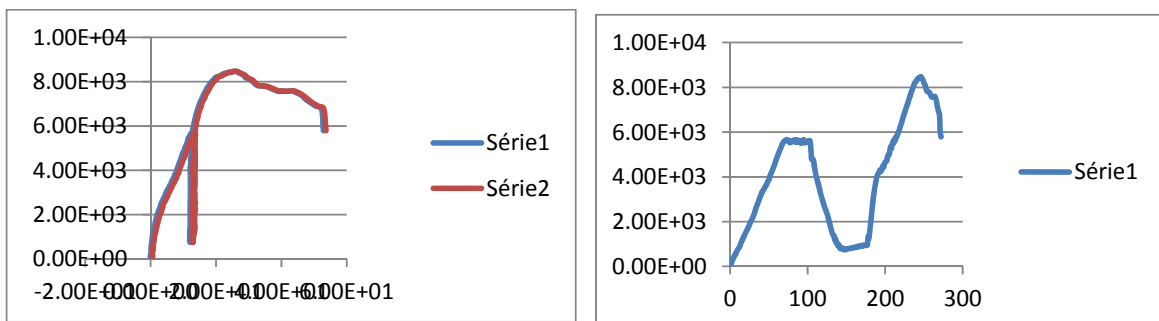


Figura 176 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

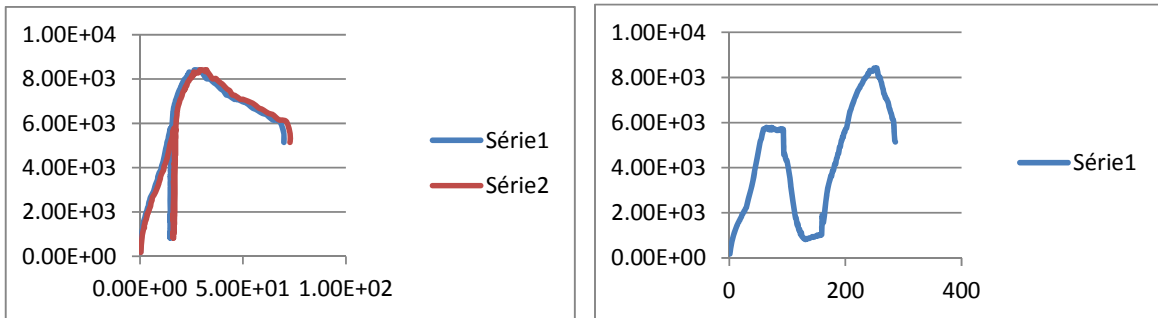


Figura 177 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

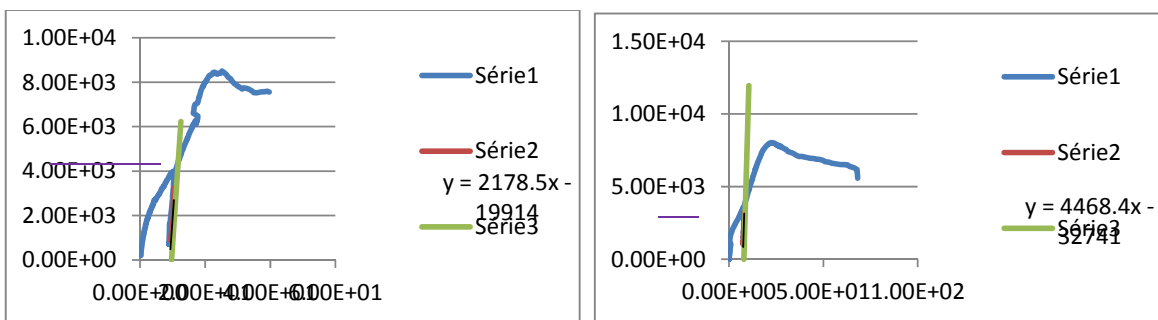


Figura 178 - CP1 Resistência última da ligação.

Figura 179 - CP2 Resistência última da ligação.

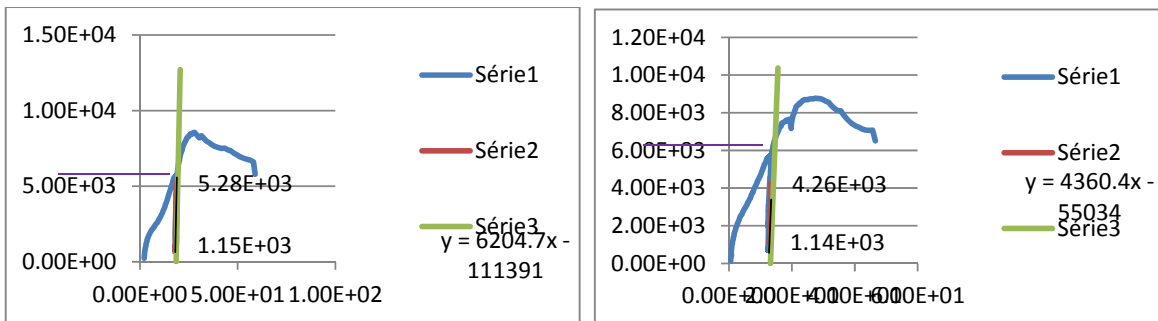


Figura 180 - CP3 Resistência última da ligação

Figura 181- CP4 Resistência última da ligação

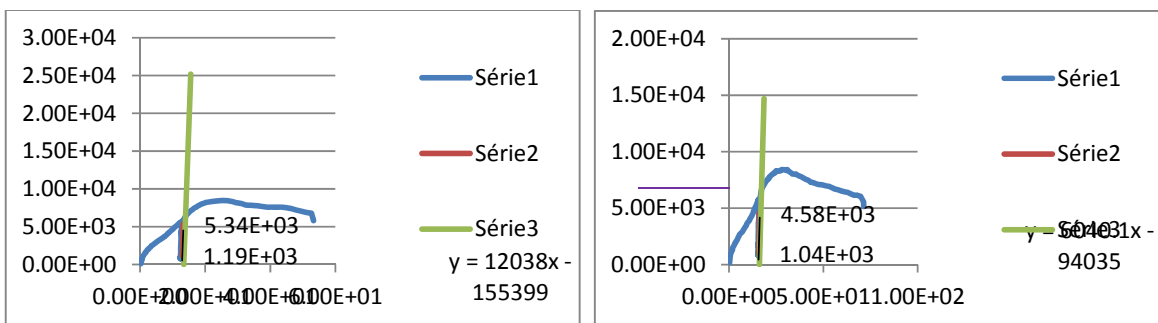


Figura 182 - CP5 Resistência última da ligação

Figura 183 - CP6 Resistência última da ligação

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Pinus.

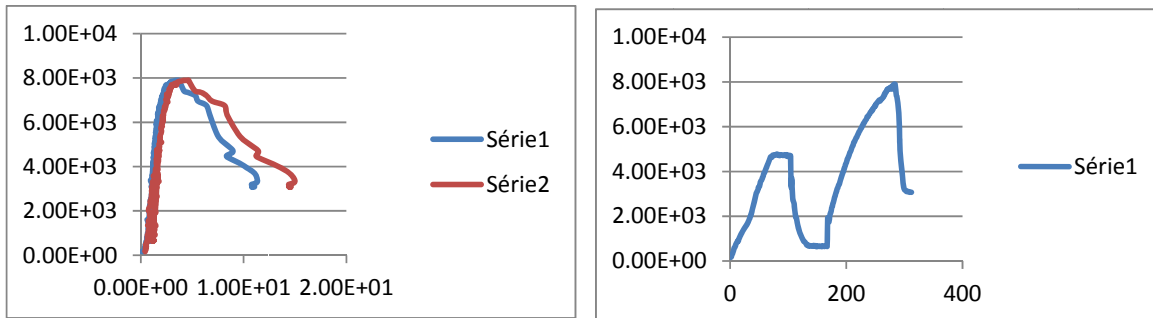


Figura 184 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

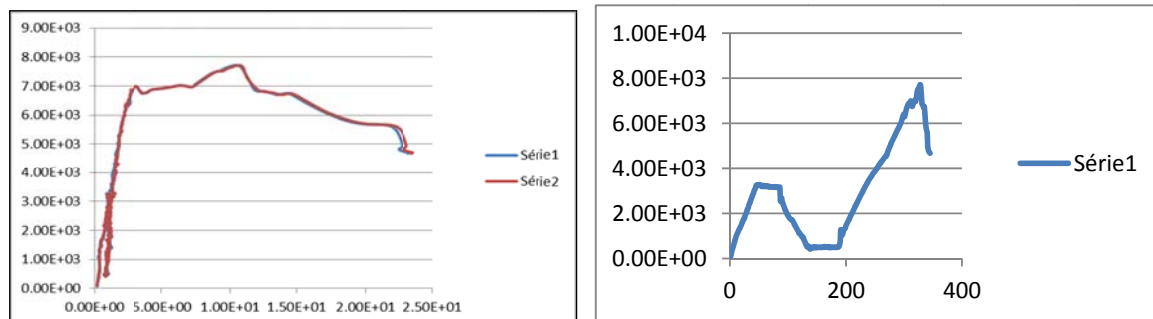


Figura 185 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

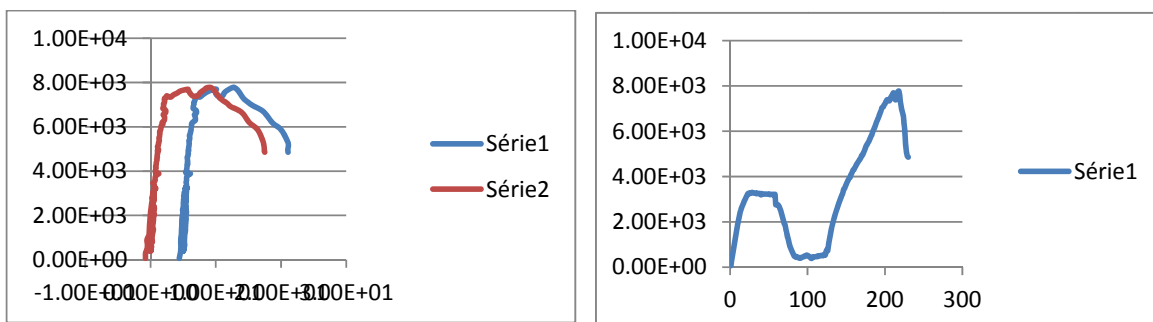


Figura 186 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

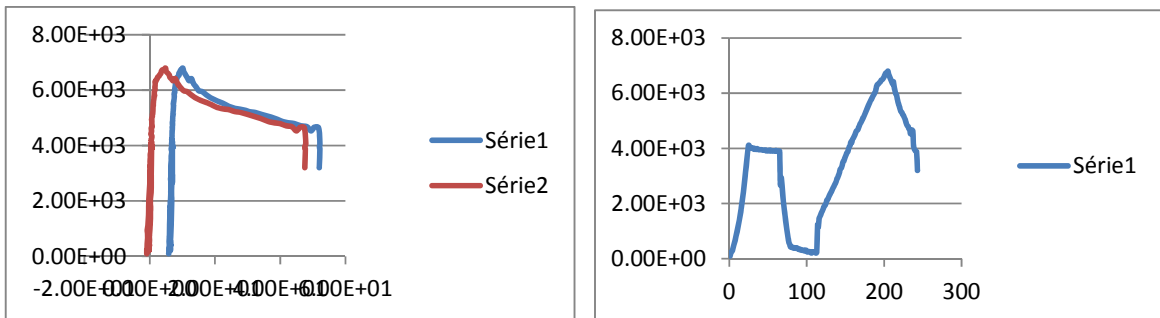


Figura 187 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

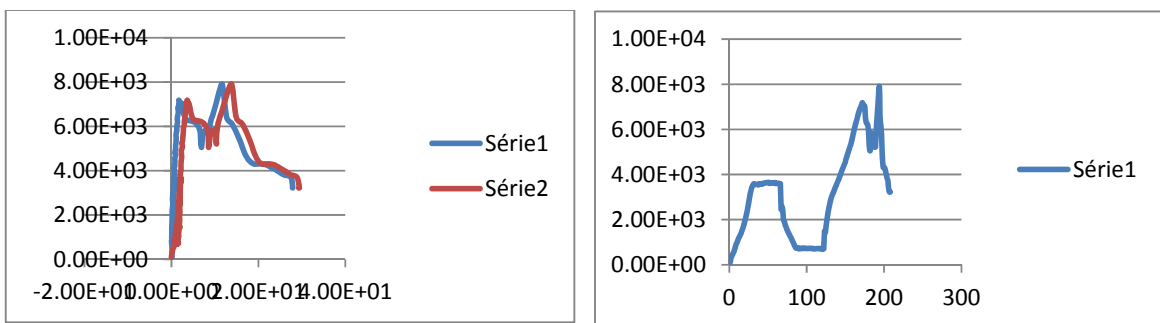


Figura 188 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

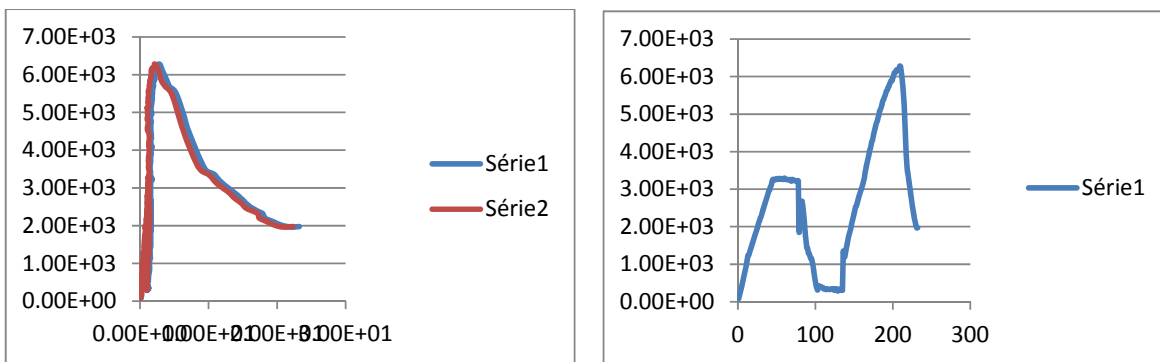


Figura 189 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

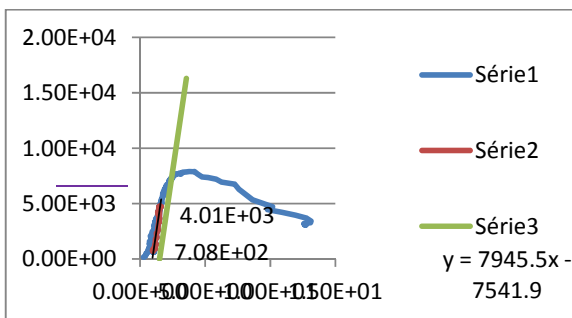


Figura 190 - CP1 Resistência última da ligação

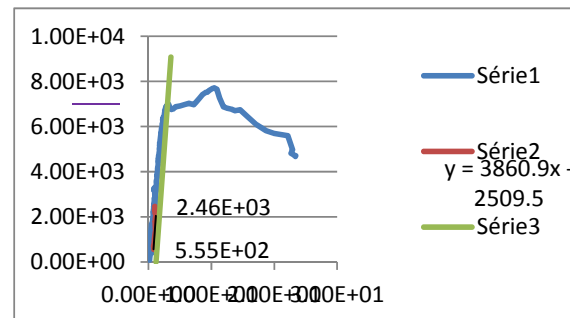


Figura 191 - CP2 Resistência última da ligação

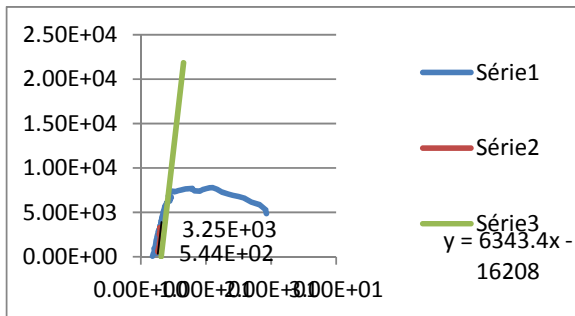


Figura 192 - CP3 Resistência última da ligação

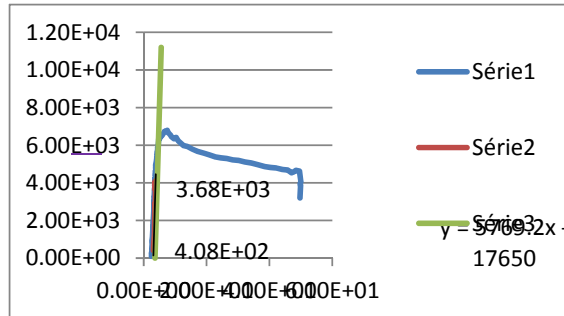


Figura 193 - CP4 Resistência última da ligação

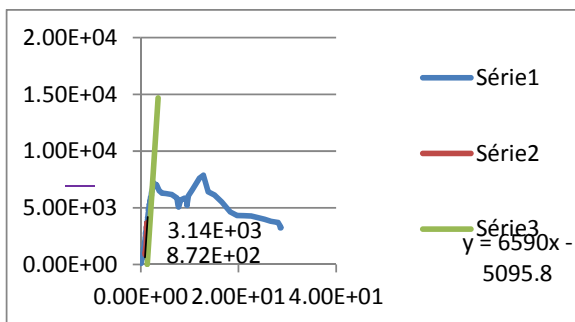


Figura 1 - CP5 Resistência última da ligação

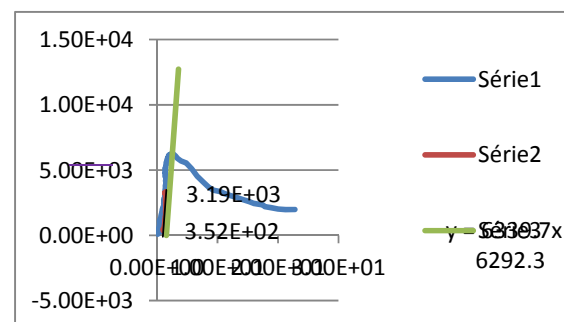


Figura 2 - CP6 Resistência última da ligação

Na seqüência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Lyptus.

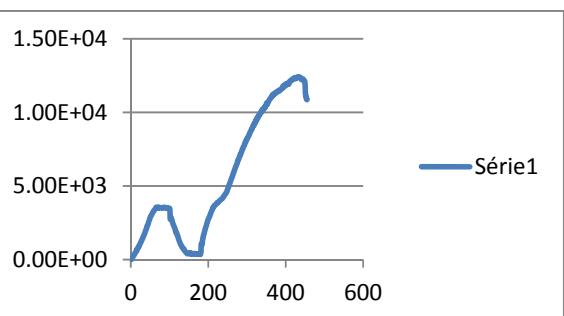
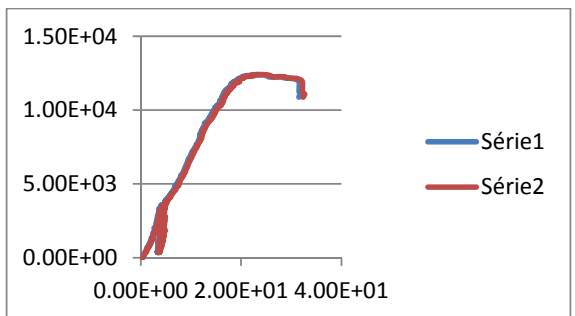


Figura 194 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

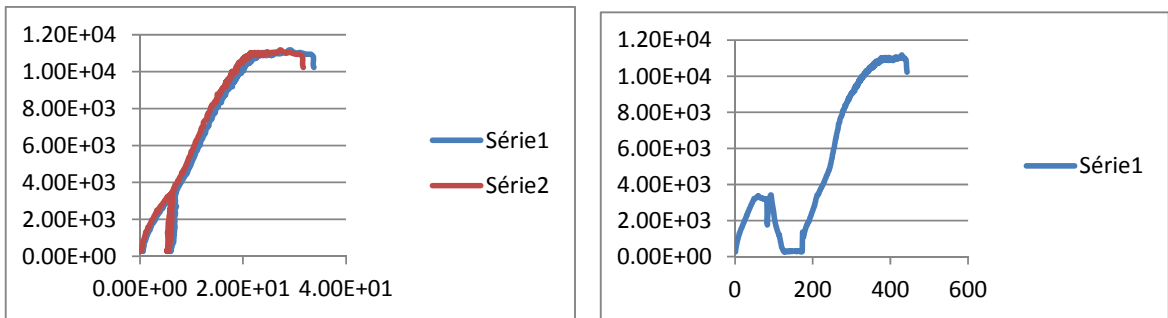


Figura 195 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

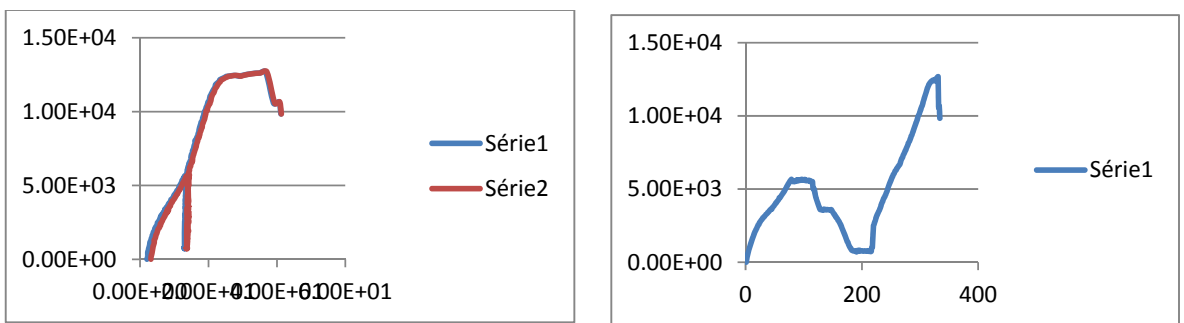


Figura 196 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

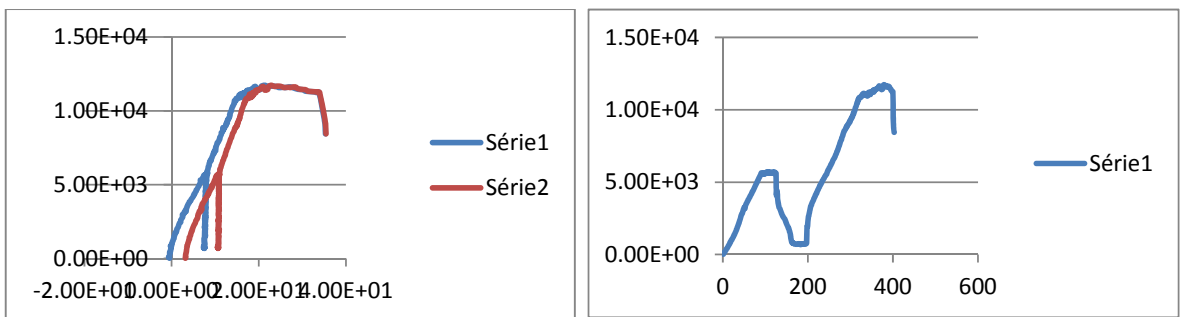


Figura 197 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

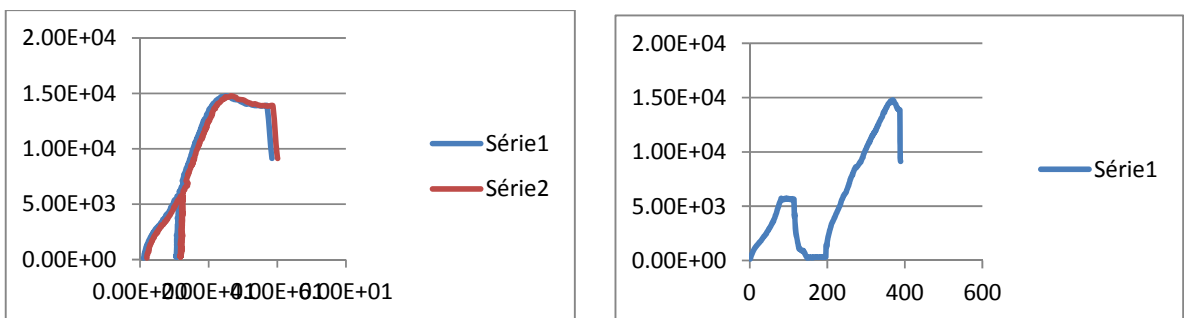


Figura 198 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

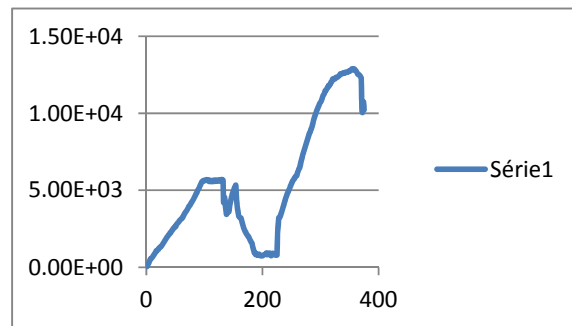
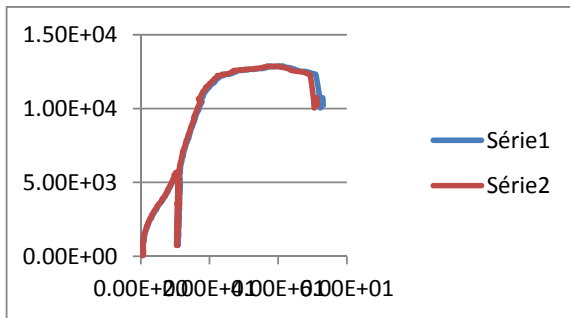


Figura 199 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

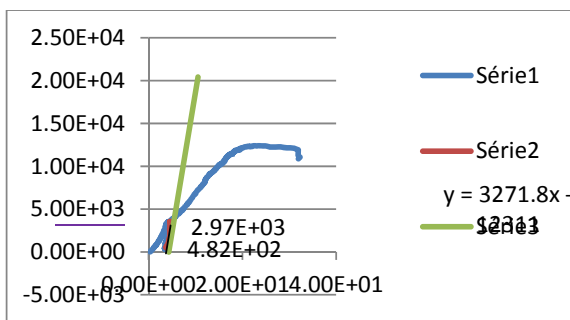


Figura 200 - CP1 Resistência última da ligação

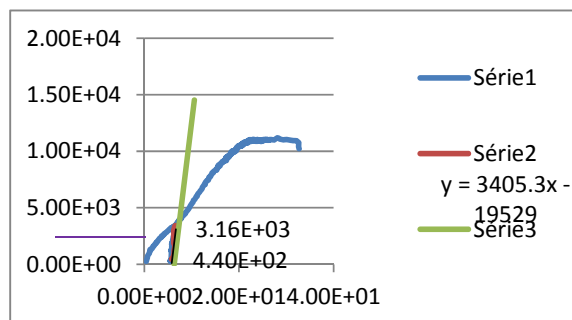


Figura 201 - CP2 Resistência última da ligação

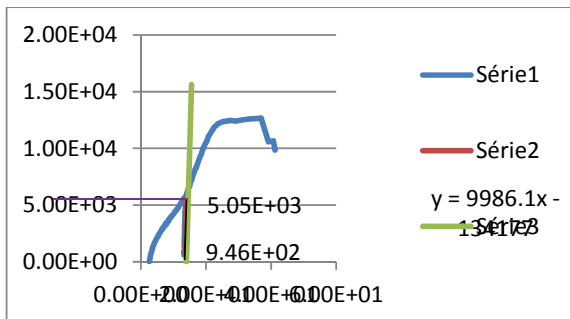


Figura 202 - CP3 Resistência última da ligação

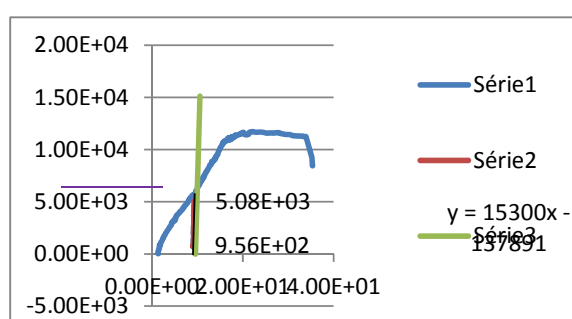


Figura 203 - CP4 Resistência última da ligação

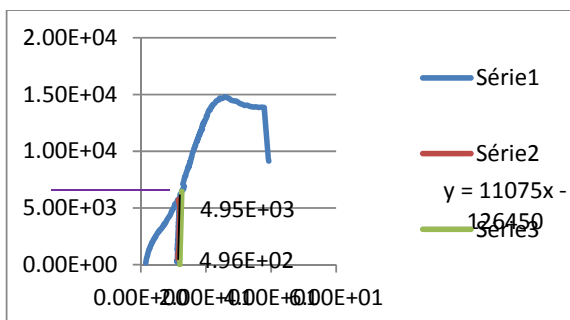


Figura 204 - CP5 Resistência última da ligação

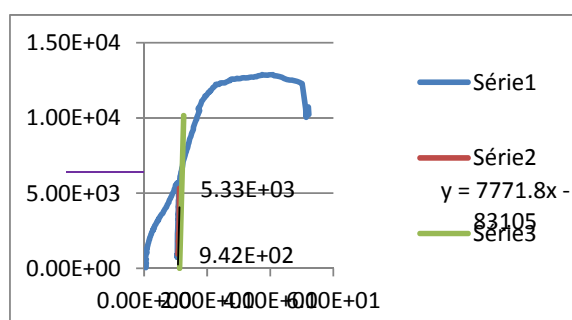


Figura 205 - CP6 Resistência última da ligação

Na seqüência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Lyptus.

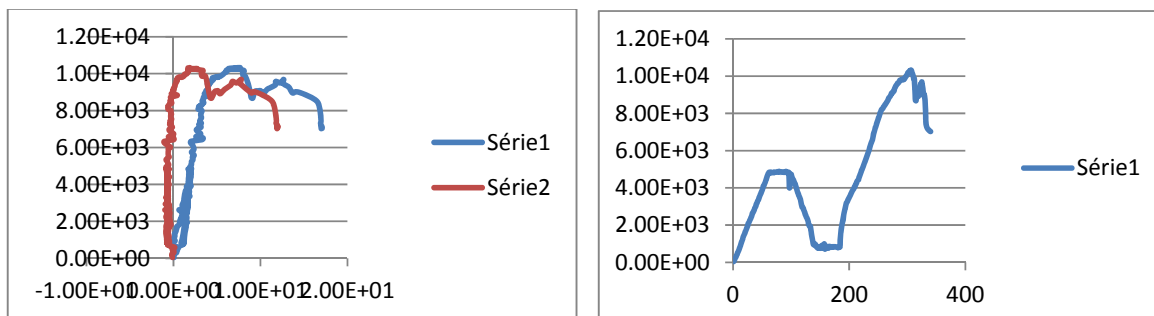


Figura 206 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

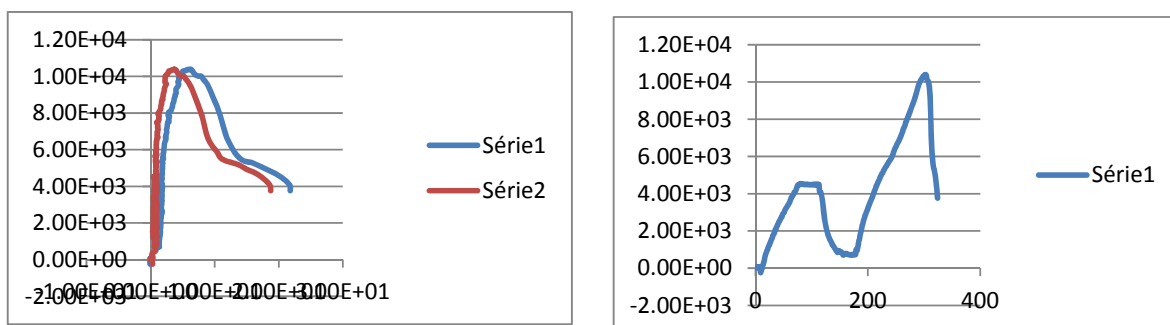


Figura 207 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

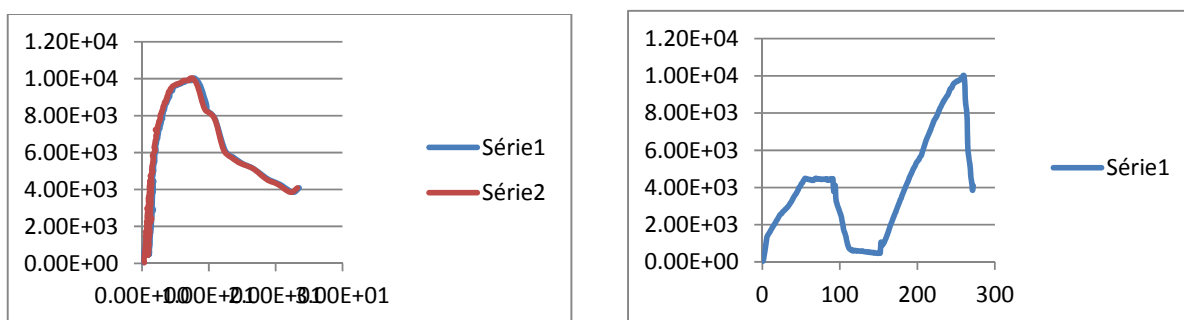


Figura 208 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

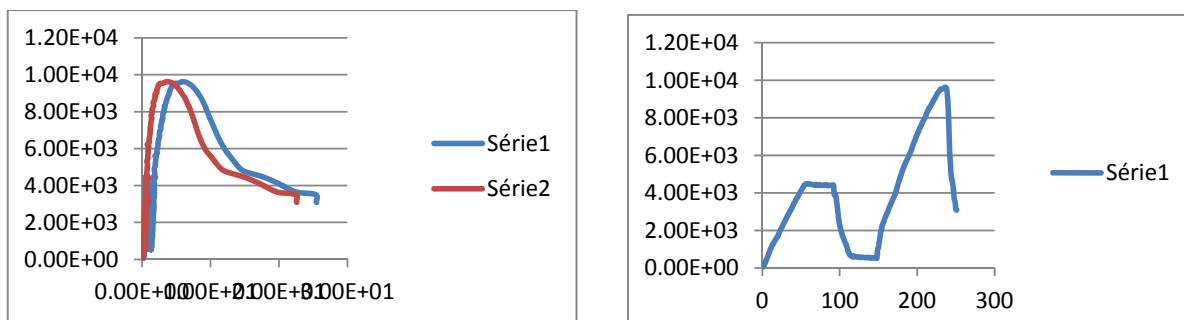


Figura 209 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

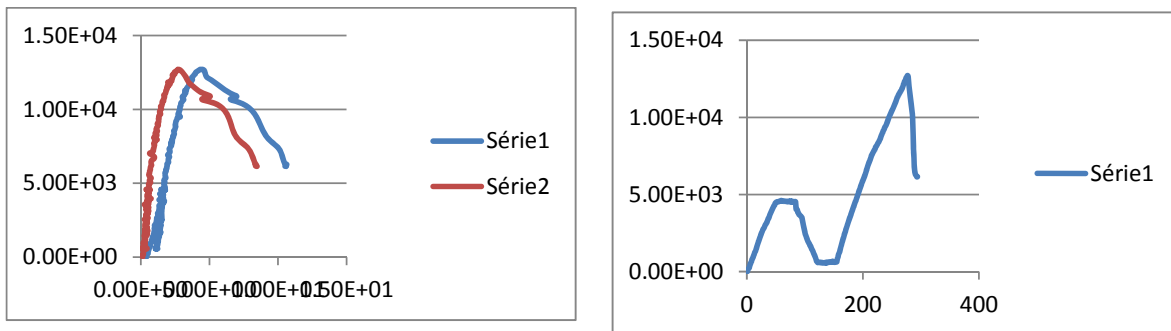


Figura 210 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

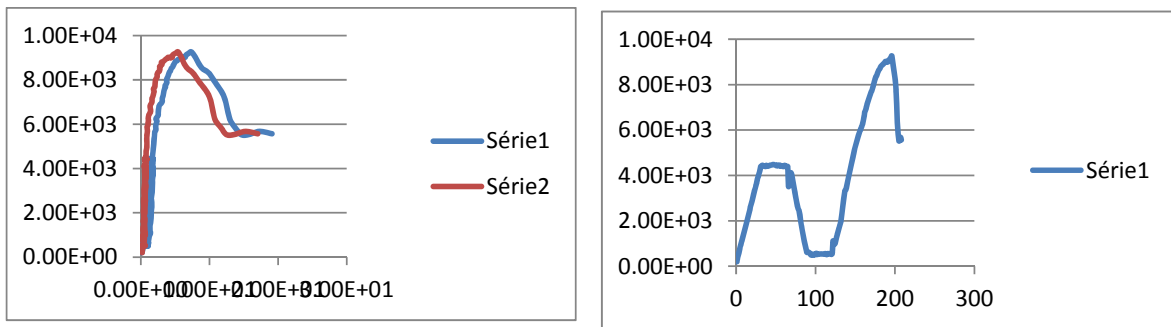


Figura 211 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

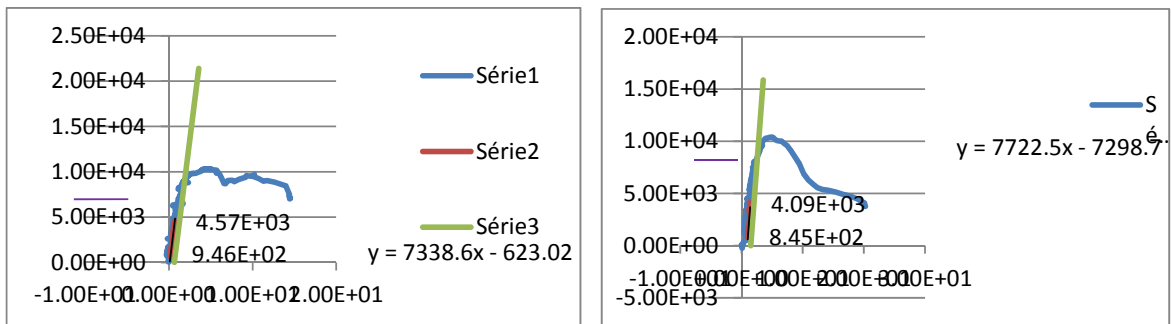


Figura 212 - CP1 Resistência última da ligação

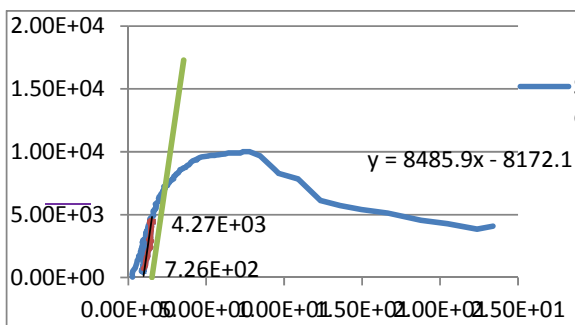


Figura 213 - CP2 Resistência última da ligação

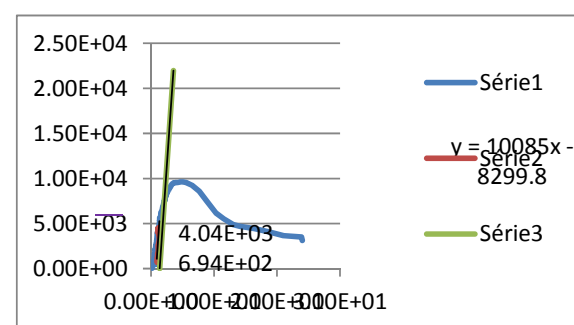


Figura 214 - CP3 Resistência última da ligação

Figura 215- CP4 Resistência última da ligação

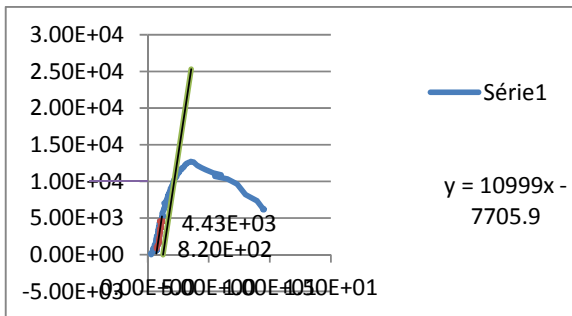


Figura 216 - CP5 Resistência última da ligação

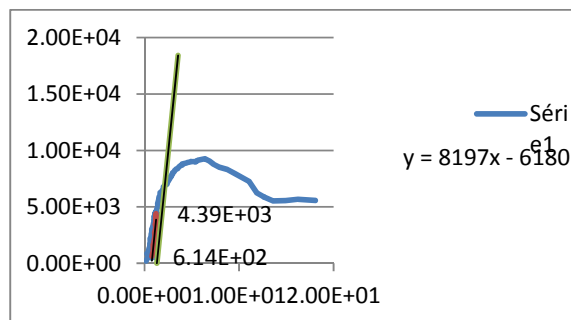


Figura 217 - CP6 Resistência última da ligação

13.3 Ensaio com parafuso de 9 mm na vertical

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Pinus.

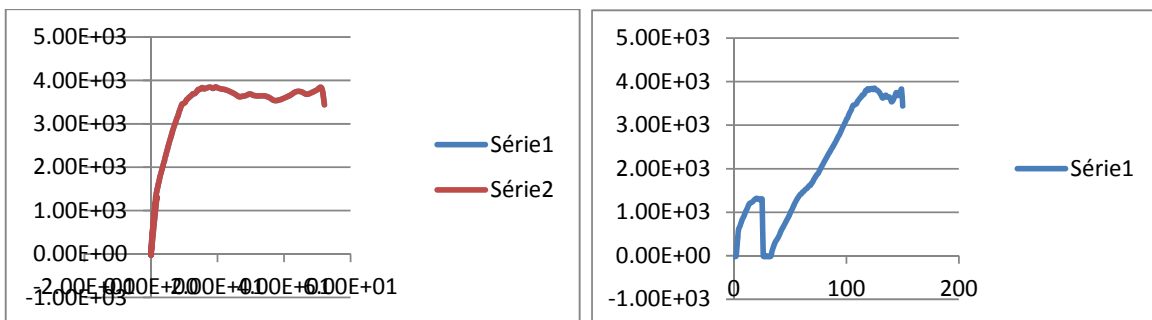


Figura 218 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

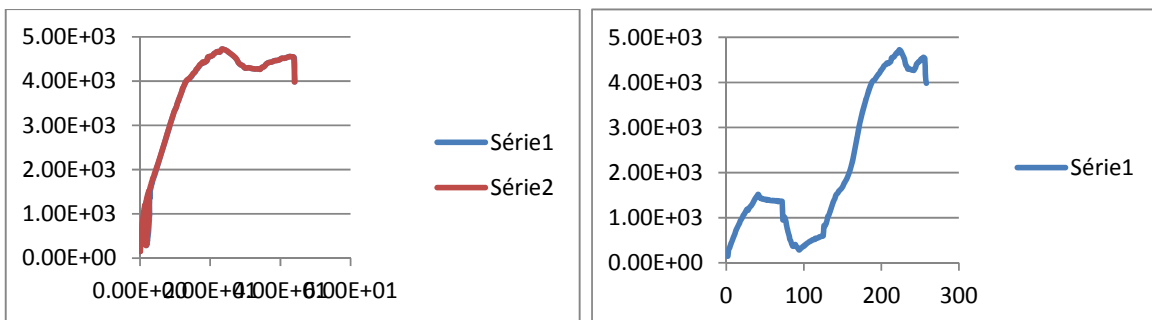


Figura 219 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

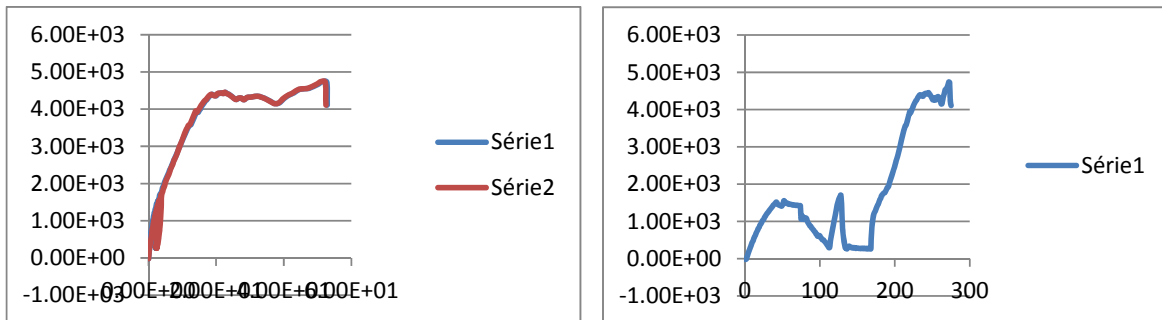


Figura 220 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

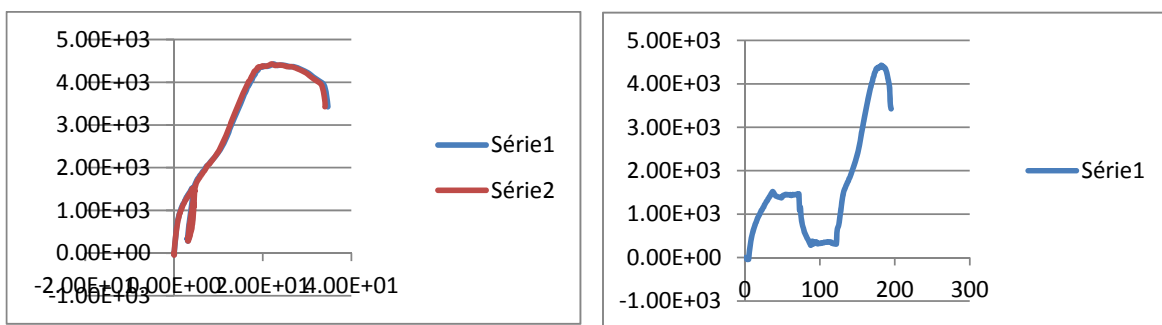


Figura 221 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

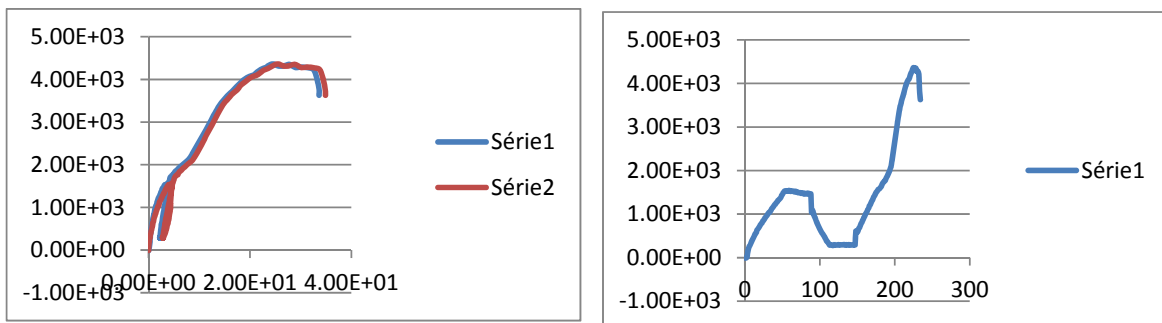


Figura 222 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

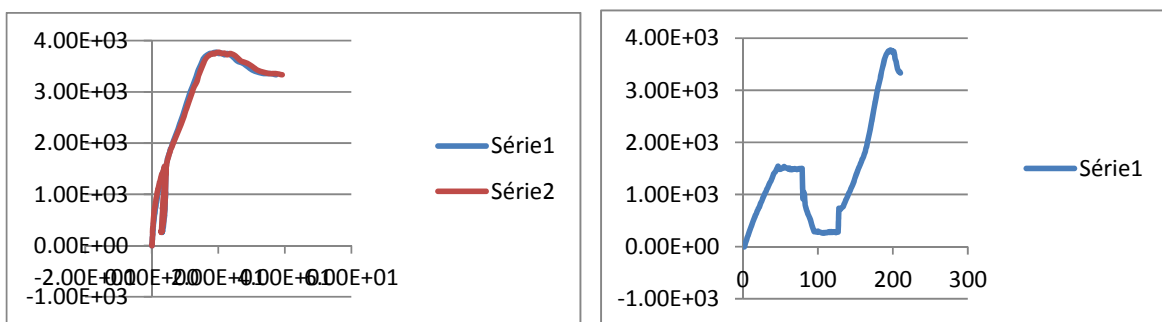


Figura 223 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

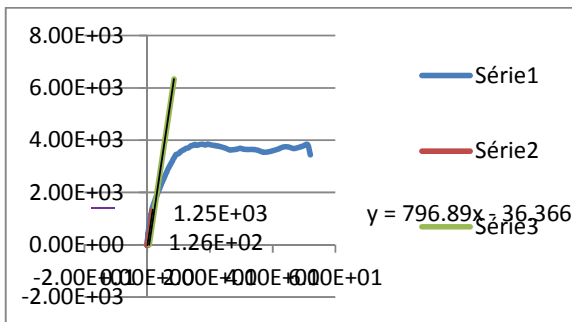


Figura 224 - CP1 Resistência última da ligação

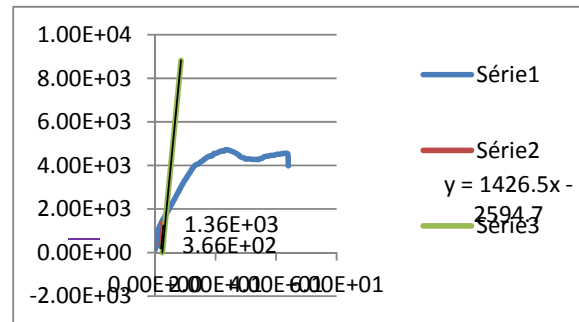


Figura 225 - CP2 Resistência última da ligação

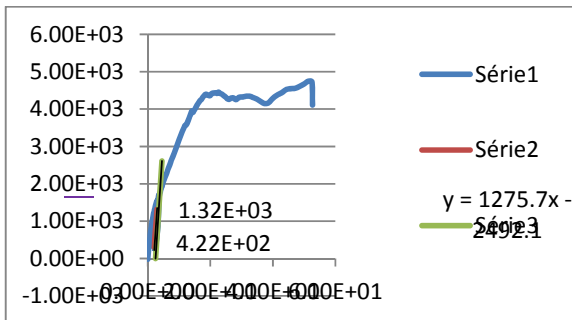


Figura 226 - CP3 Resistência última da ligação

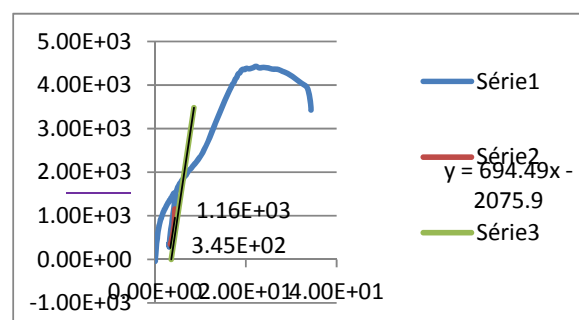


Figura 227 - CP4 Resistência última da ligação

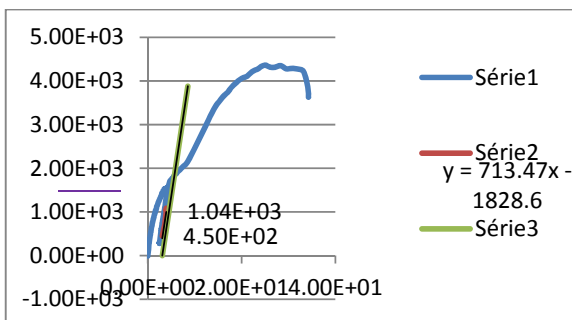


Figura 228 - CP5 Resistência última da ligação

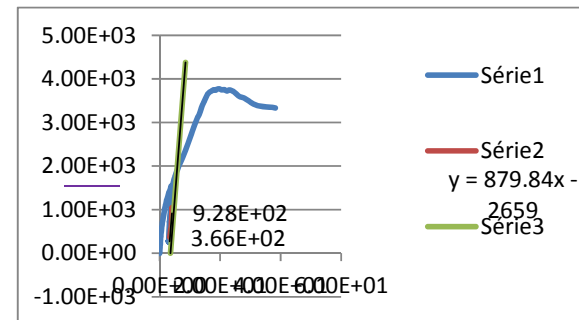


Figura 229 - CP6 Resistência última da ligação

Na seqüência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Pinus.

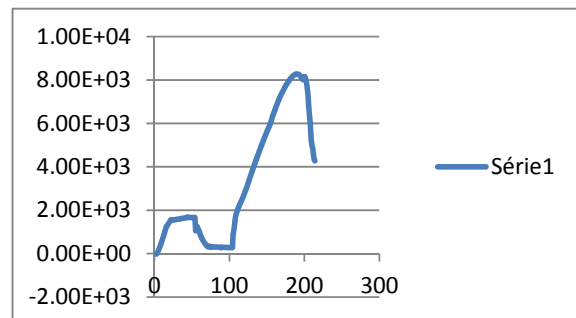
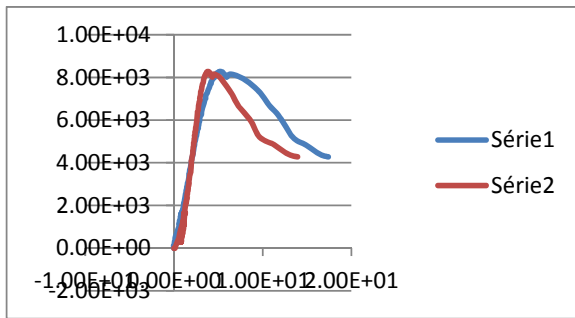


Figura 230 -Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

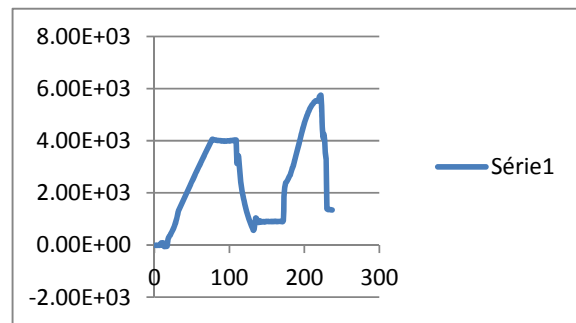
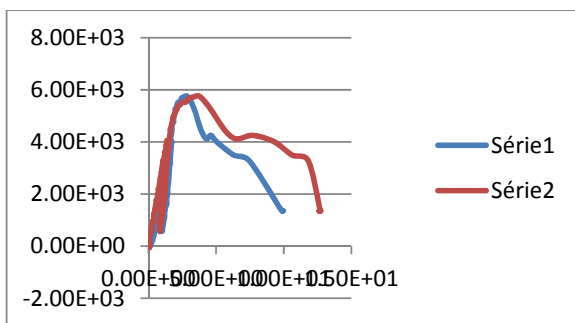


Figura 231 -Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

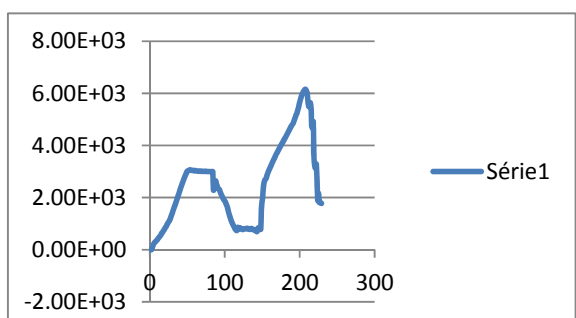
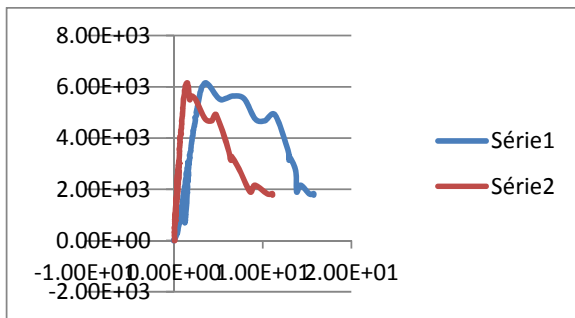


Figura 232 -Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

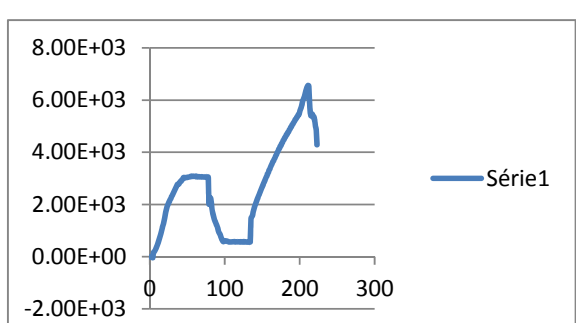
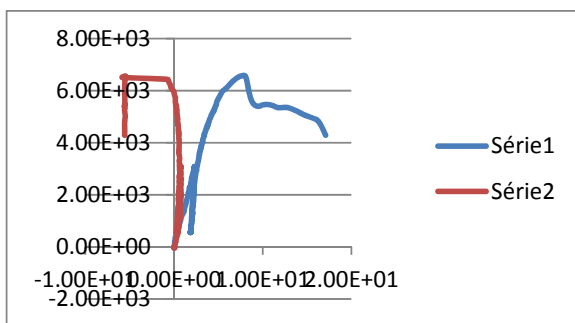


Figura 233 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

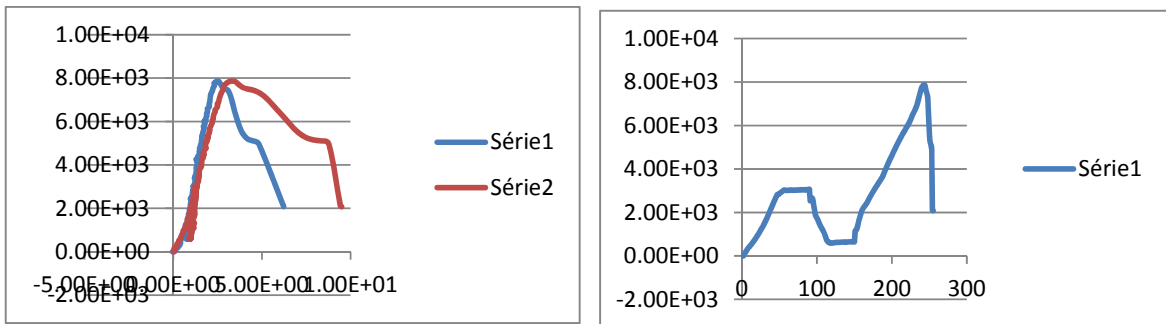


Figura 234 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

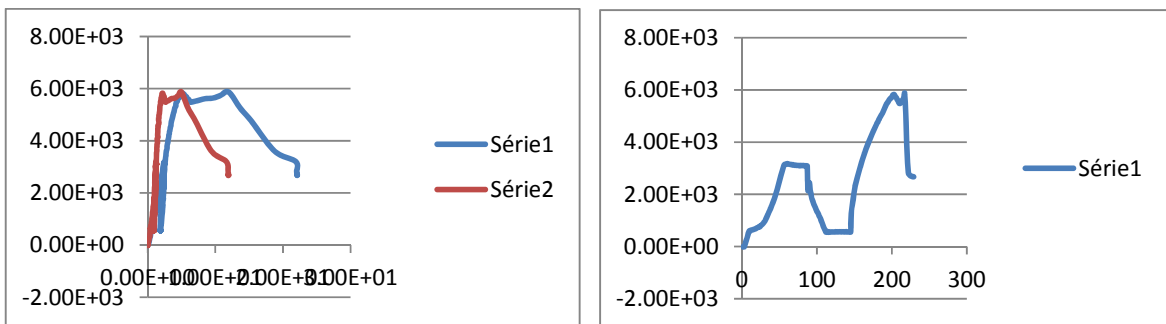


Figura 235 -Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

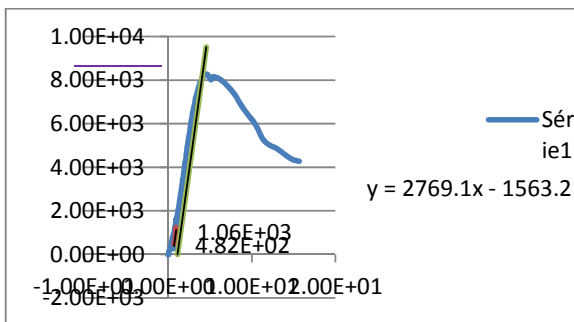


Figura 236 - CP1 Resistência última da ligação

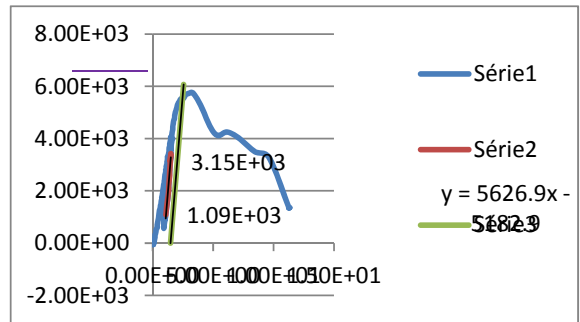


Figura 237 - CP2 Resistência última da ligação

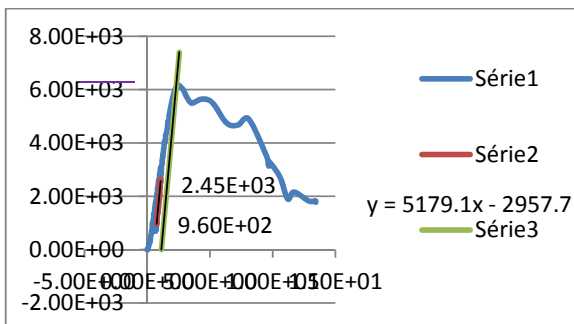


Figura 238 - CP3 Resistência última da ligação

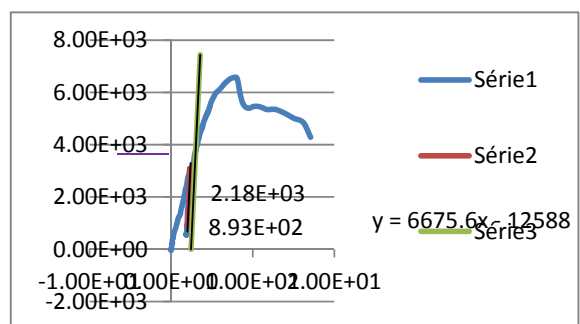


Figura 239 - CP4 Resistência última da ligação

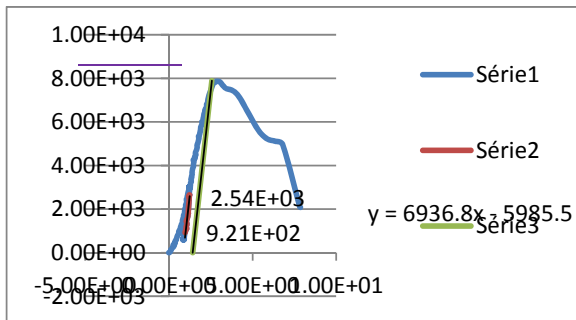


Figura 240 - CP5 Resistência última da ligação

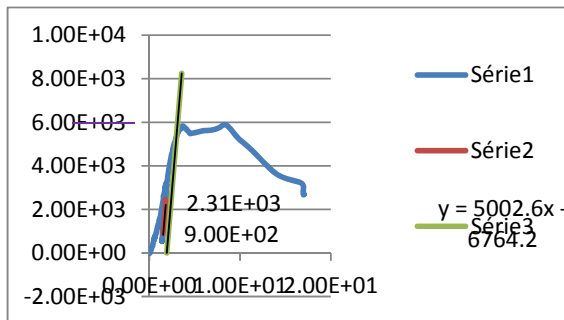


Figura 241 - CP6 Resistência última da ligação

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Lyptus

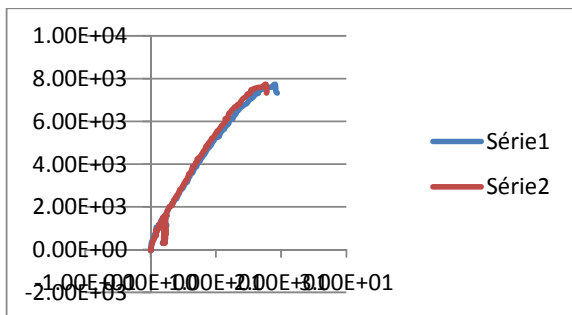


Figura 242 -Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

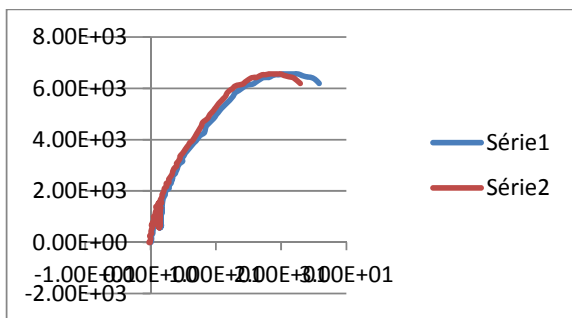
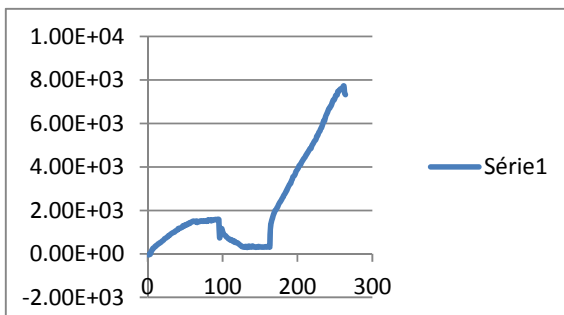
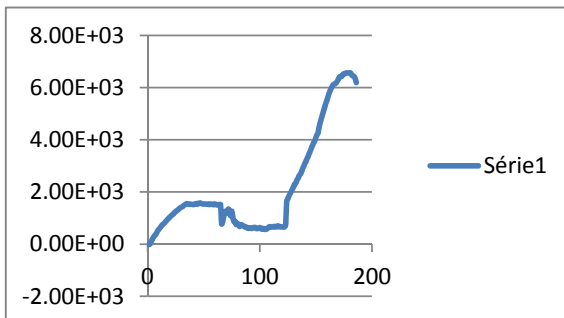


Figura 243 -Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento



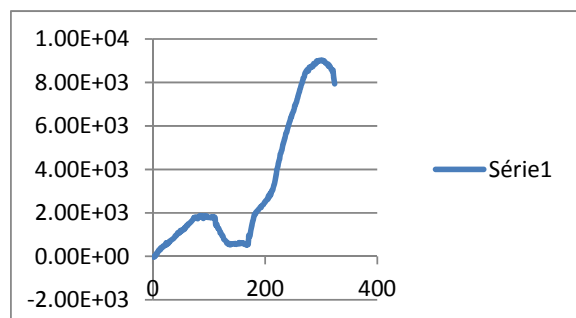
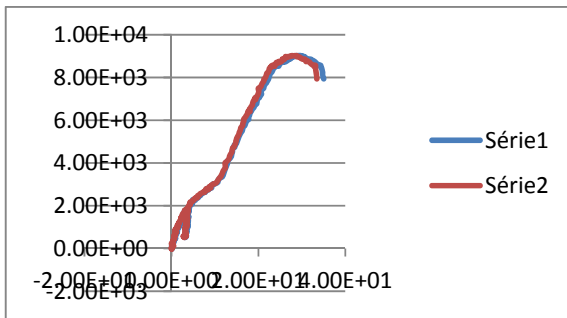


Figura 244 -Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

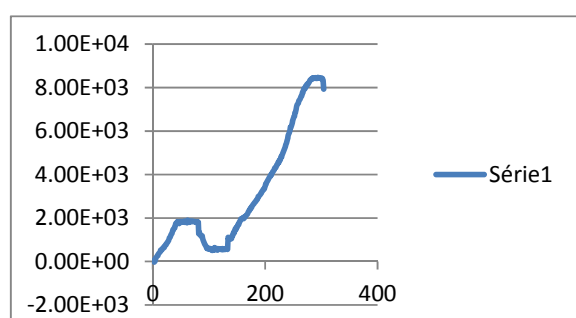
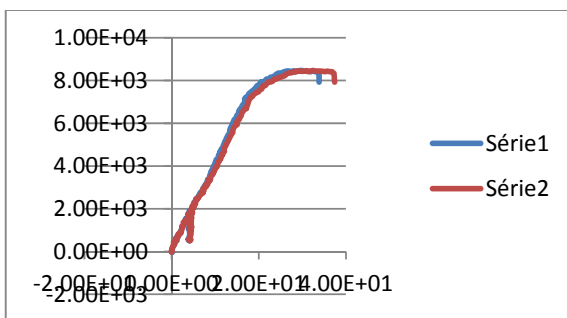


Figura 245 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

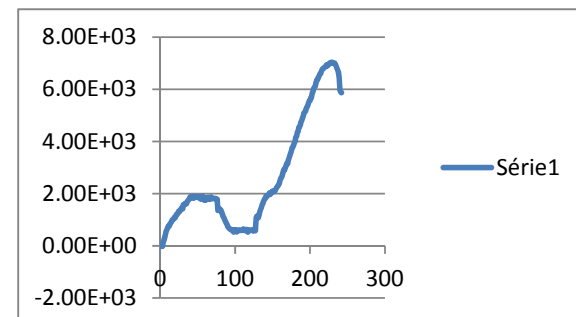
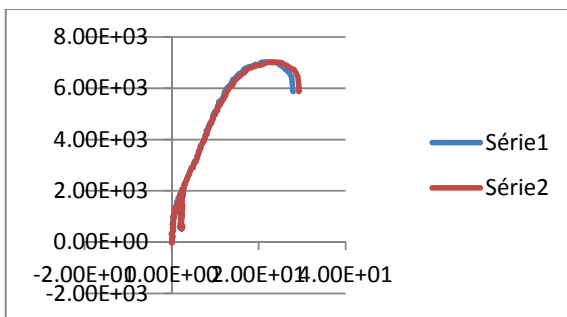


Figura 246 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

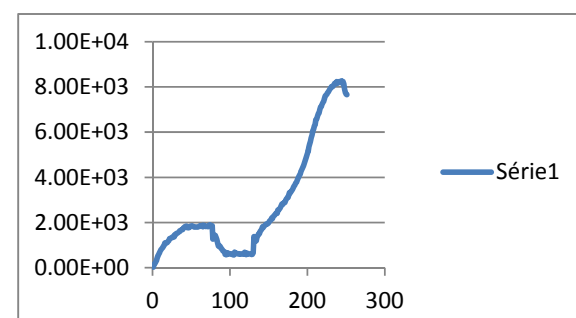
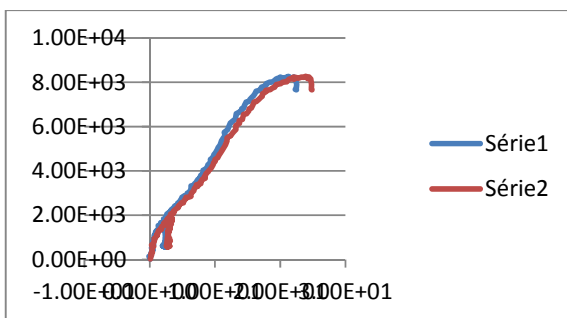


Figura 247 -Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

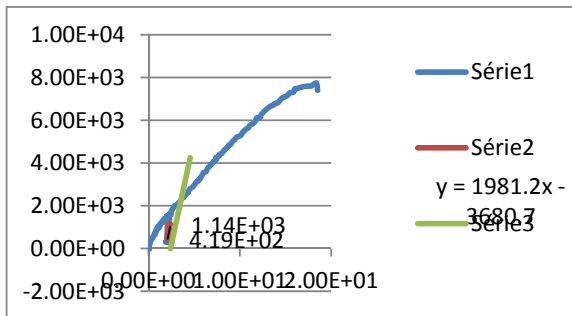


Figura 248 - CP1 Resistência última da ligação

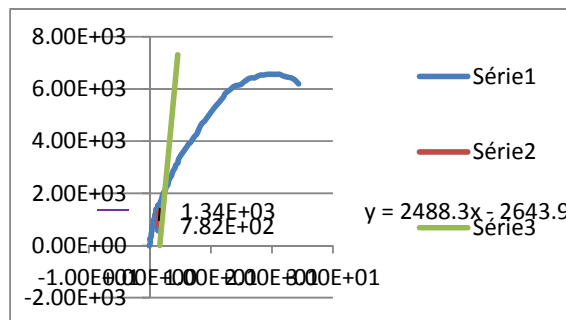


Figura 249 - CP2 Resistência última da ligação.

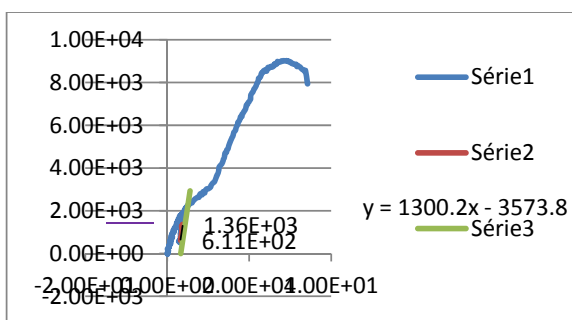


Figura 250 - CP3 Resistência última da ligação

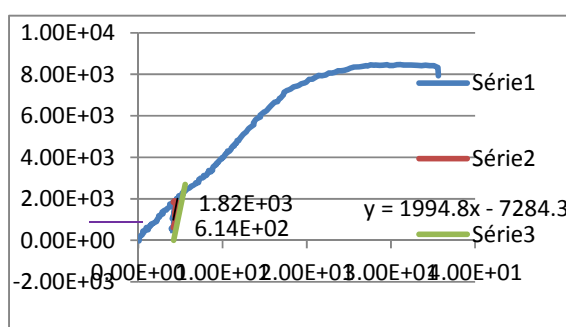


Figura 251 - CP4 Resistência última da ligação

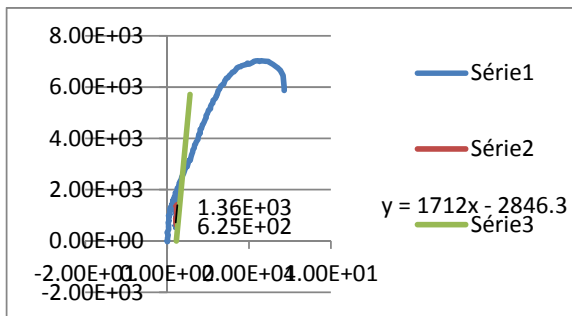


Figura 252 - CP5 Resistência última da ligação

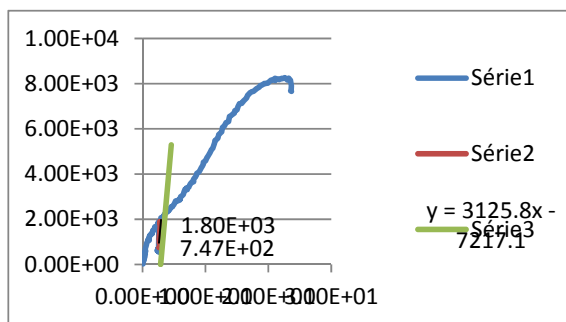


Figura 253 - CP6 Resistência última da ligação

Na seqüência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Lyptus

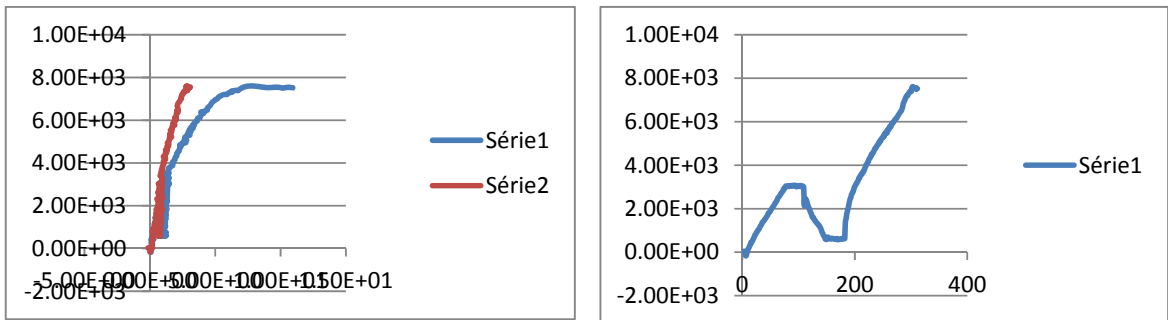


Figura 254 -Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

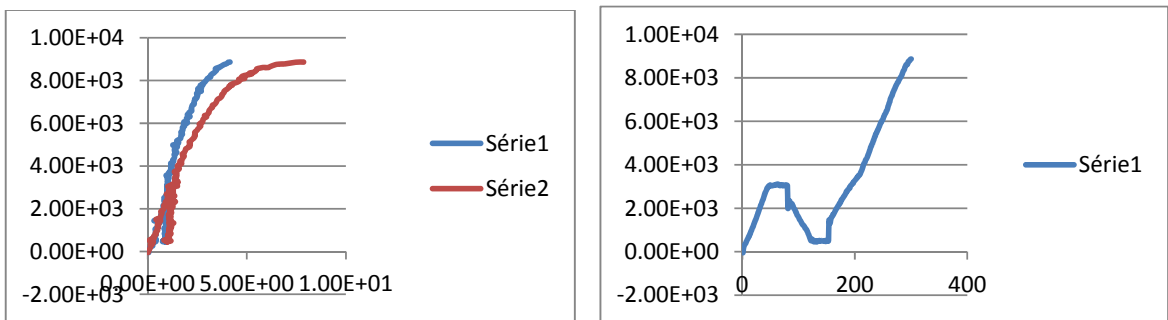


Figura 255 -Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

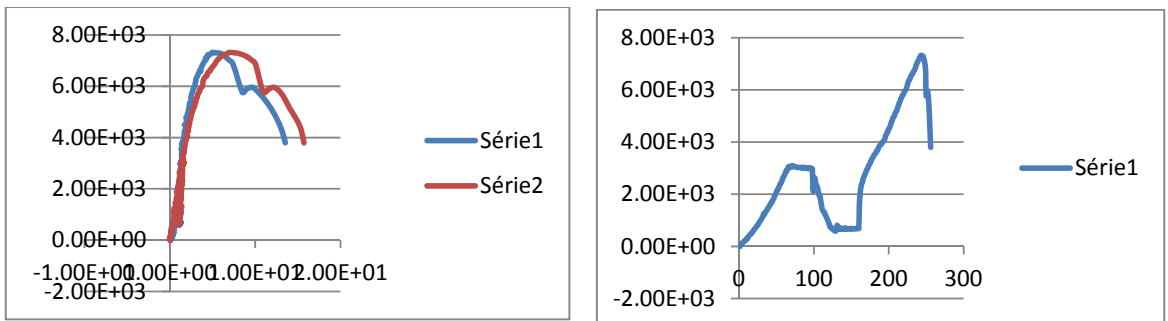


Figura 256 -Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

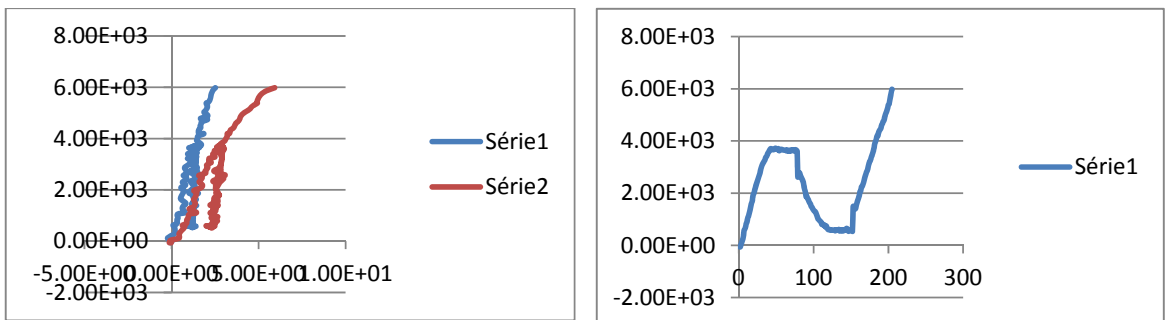


Figura 257 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

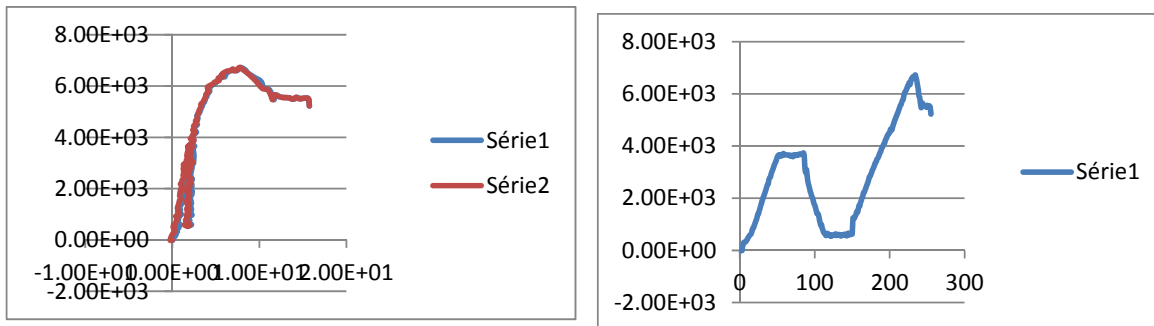


Figura 258 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

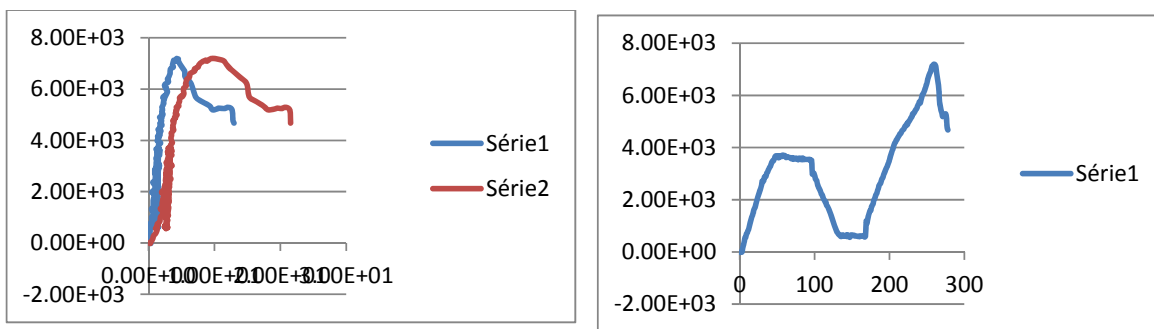


Figura 259 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

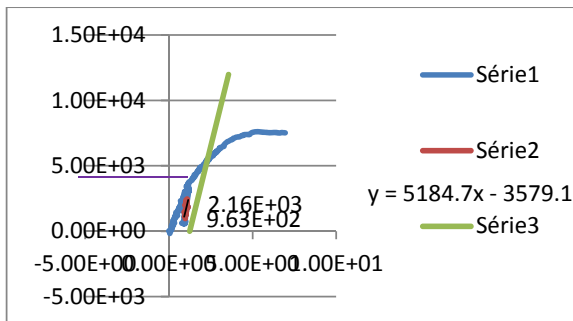


Figura 260 - CP1 Resistência última da ligação

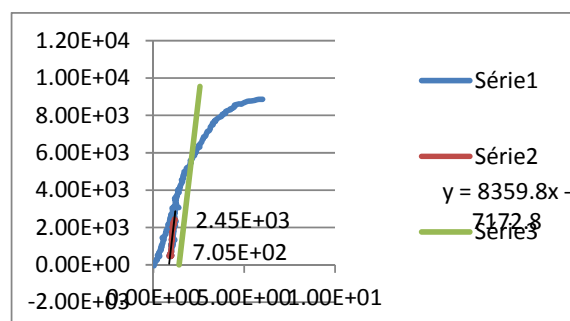


Figura 261 - CP2 Resistência última da ligação

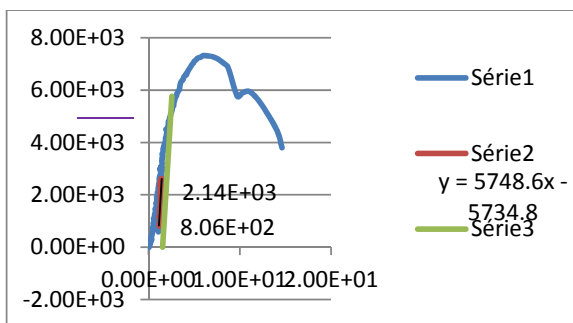


Figura 262 - CP3 Resistência última da ligação

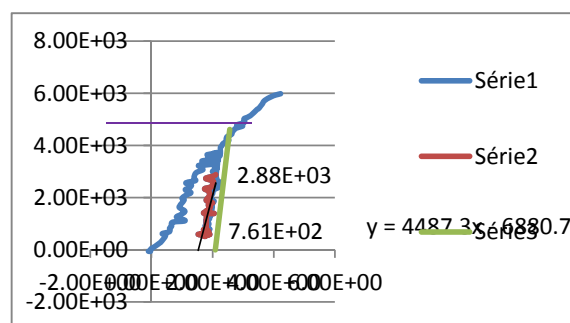


Figura 263 - CP4 Resistência última da ligação

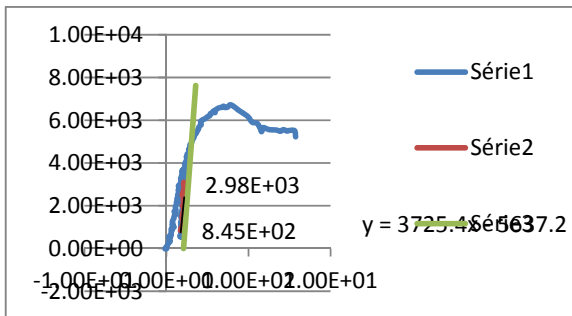


Figura 264 - CP5 Resistência última da ligação

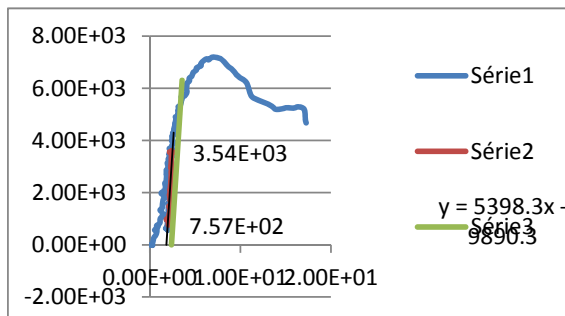


Figura 265 - CP6 Resistência última da ligação

13.4 Ensaio com parafuso de 11 mm na vertical

Na seqüência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Pinus.

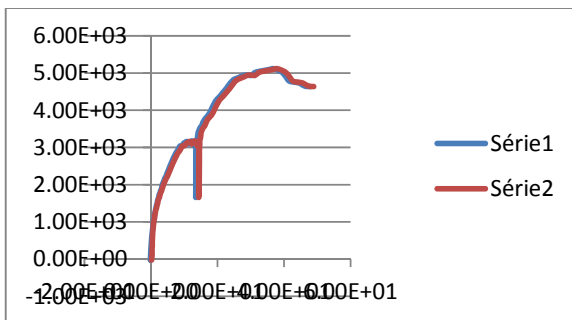


Figura 266 - Figura 3 - Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

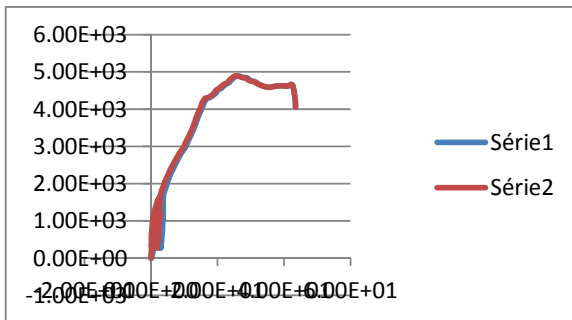
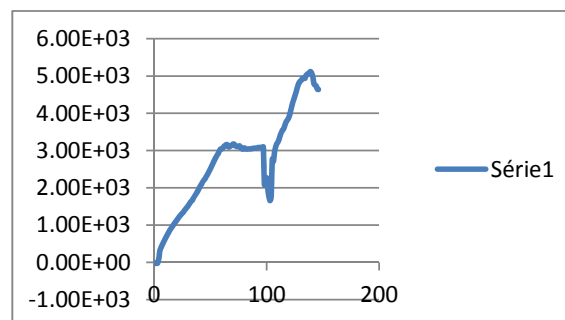
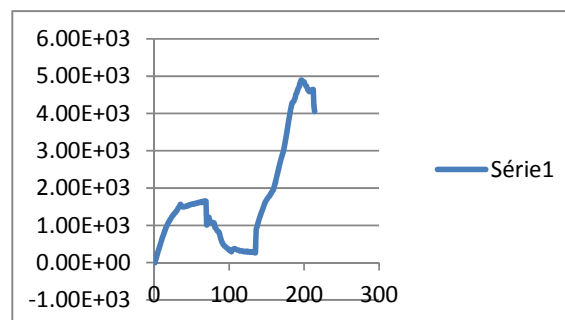


Figura 267 - Figura 4 - Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento



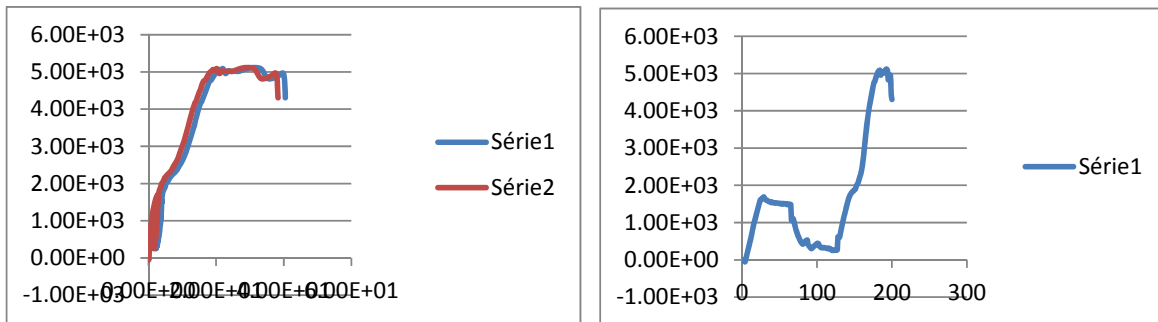


Figura 268 - Figura 5 - Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

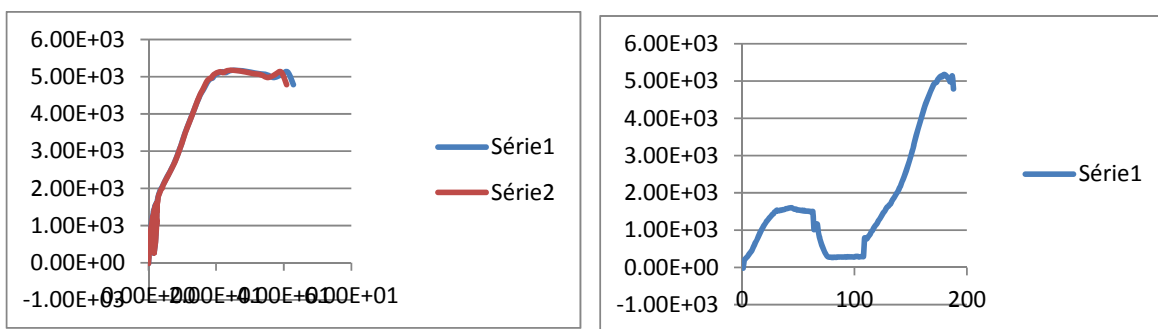


Figura 269 - Figura 6 - Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

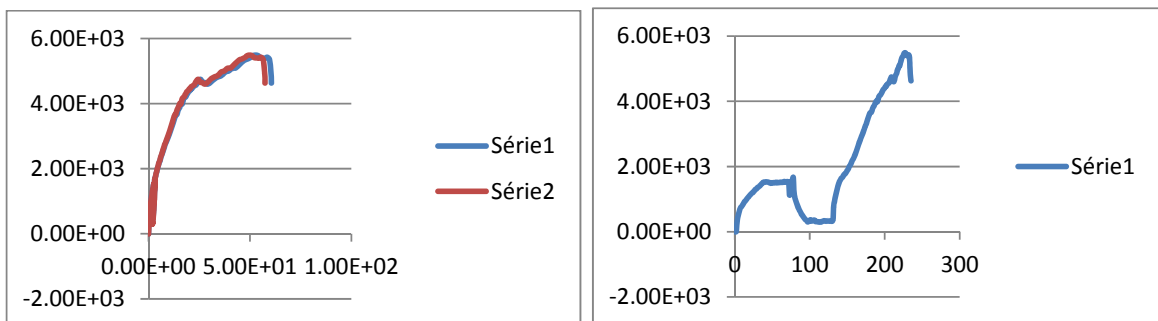


Figura 270 - Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

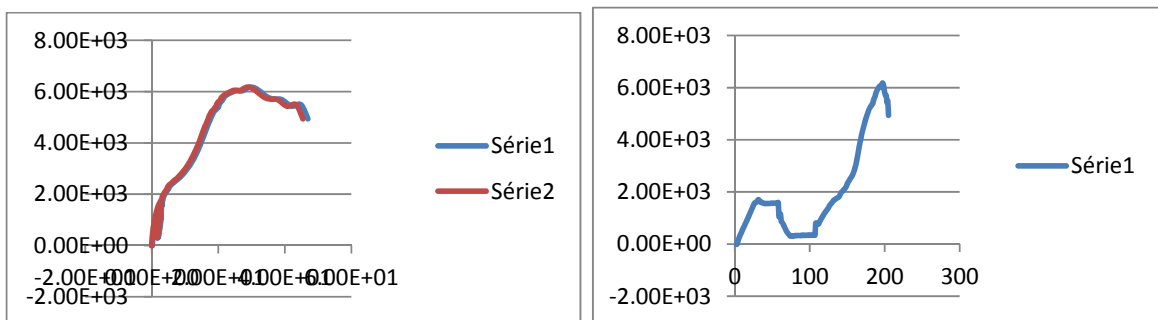


Figura 271 - Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

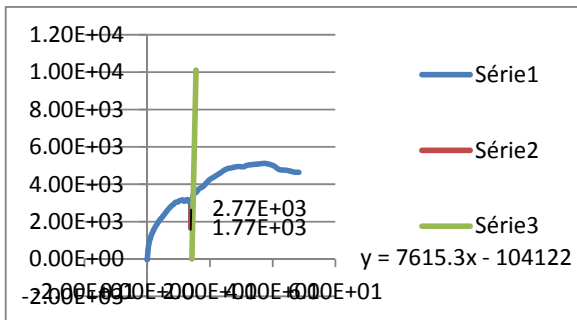


Figura 272 - CP1 Resistência última da ligação

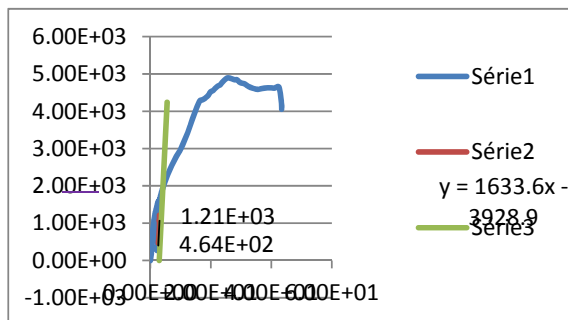


Figura 273 - CP2 Resistência última da ligação

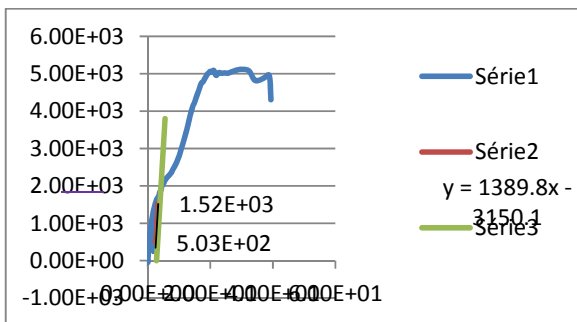


Figura 274 - CP3 Resistência última da ligação

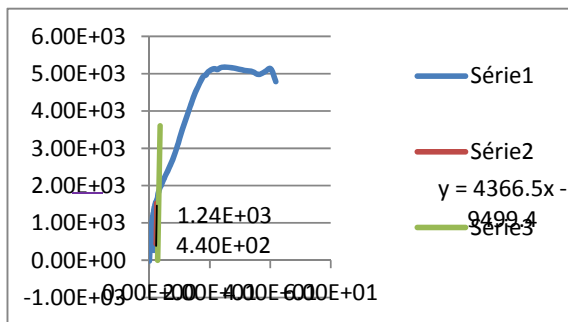


Figura 275 - CP4 Resistência última da ligação

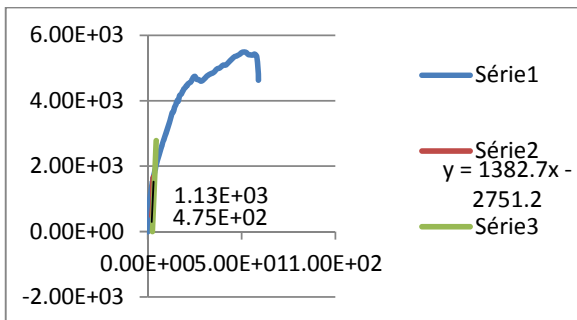


Figura 276 - CP5 Resistência última da ligação

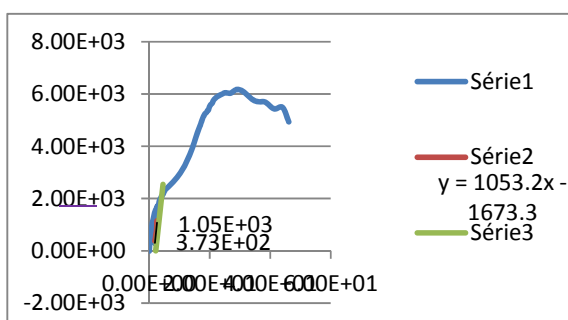


Figura 277 - CP6 Resistência última da ligação

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Pinus.

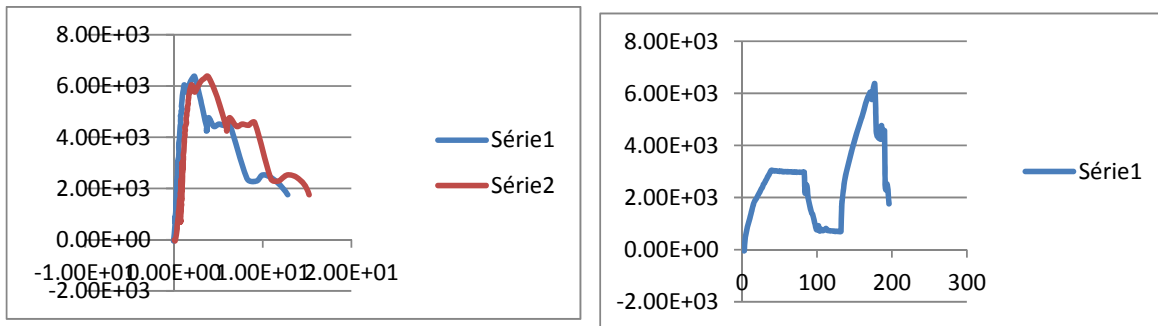


Figura 278 -Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

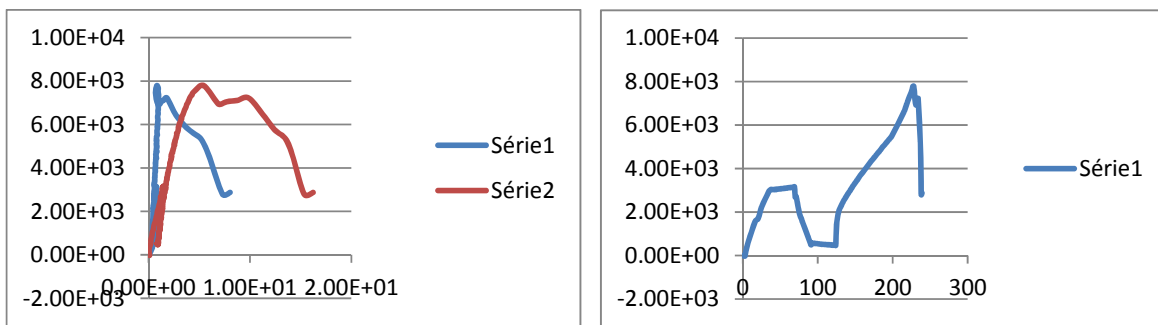


Figura 279 -Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

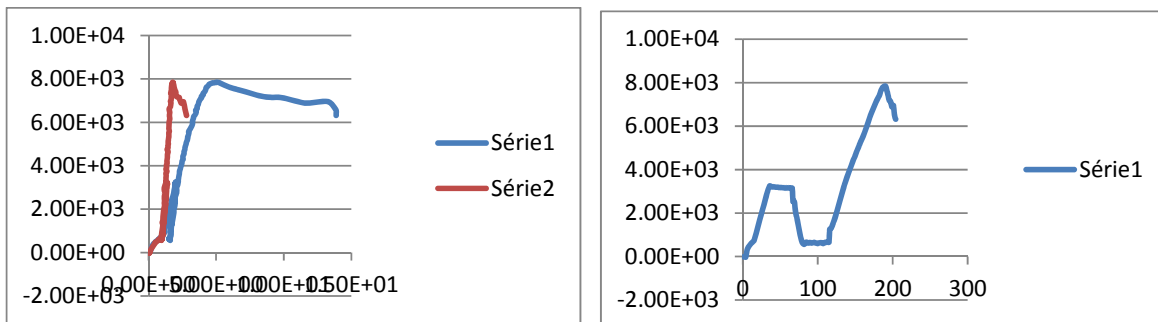


Figura 280 -Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

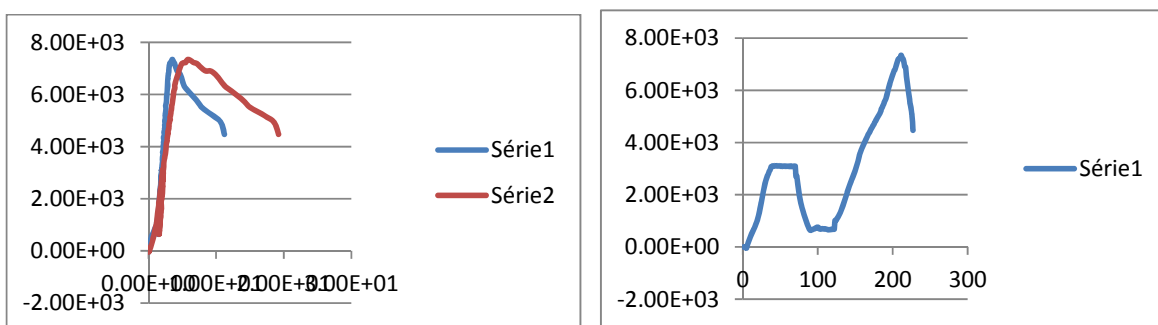


Figura 281 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

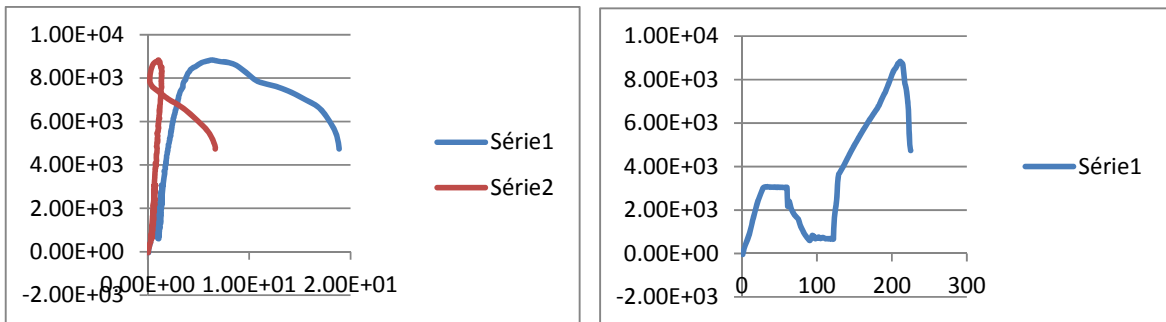


Figura 282 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

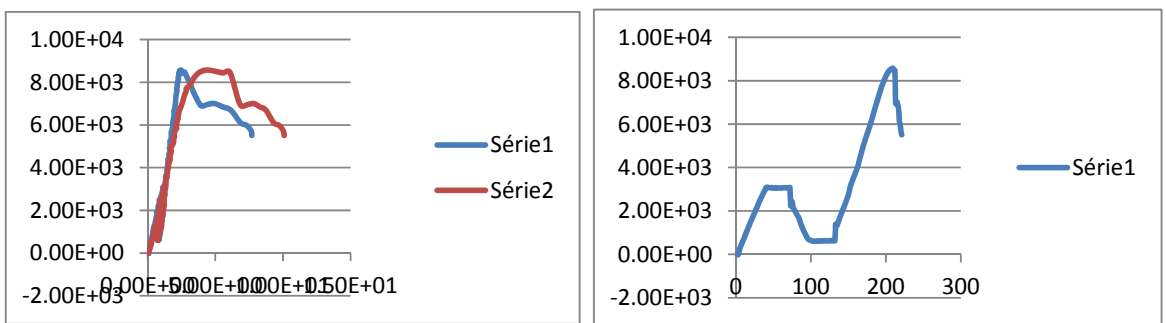


Figura 283 -Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

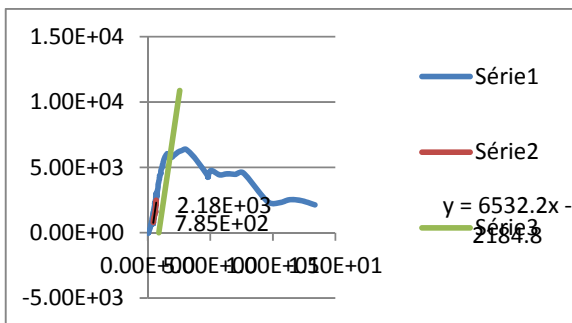


Figura 284 - CP1 Resistência última da ligação

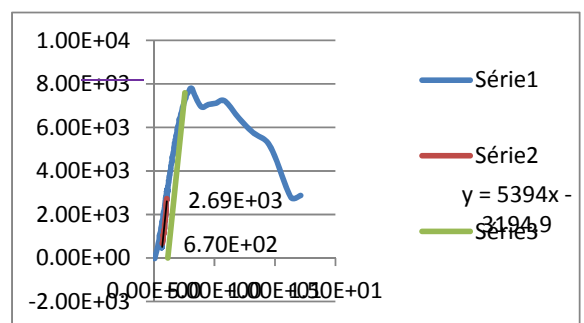


Figura 285 - CP2 Resistência última da ligação

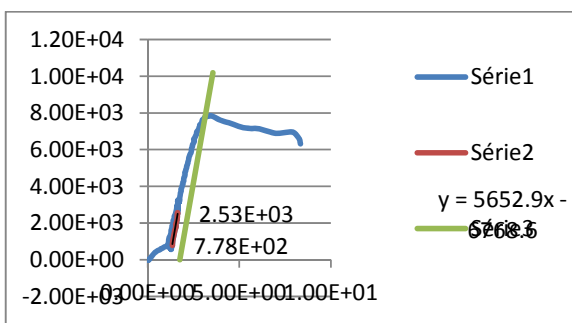


Figura 286 - CP3 Resistência última da ligação

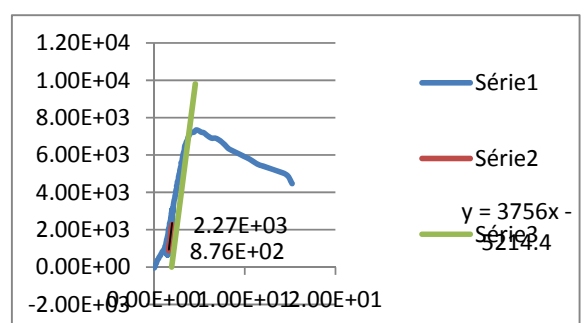


Figura 287 - CP4 Resistência última da ligação

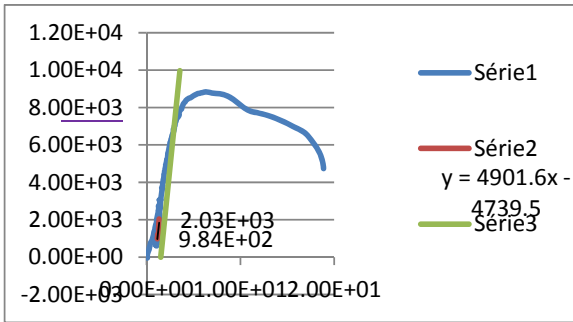


Figura 288 - CP5 Resistência última da ligação

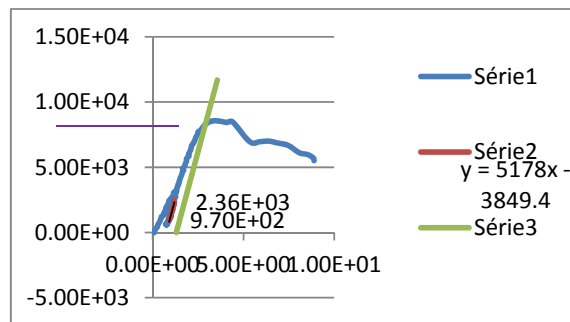


Figura 289 - CP6 Resistência última da ligação

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 90° utilizando a espécie de Lyptus.

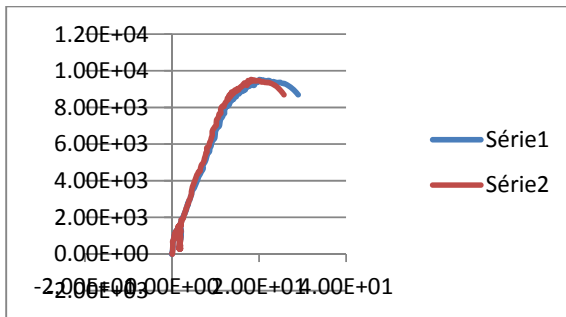


Figura 290 -Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

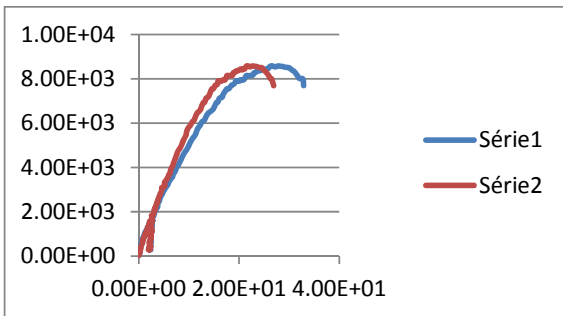
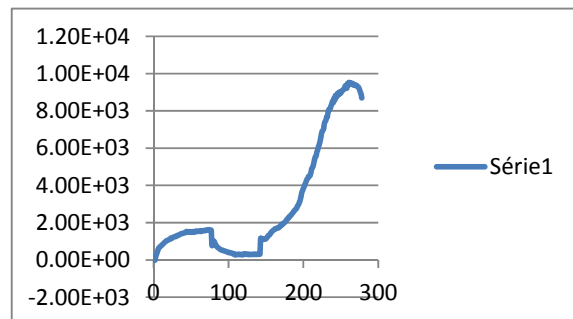
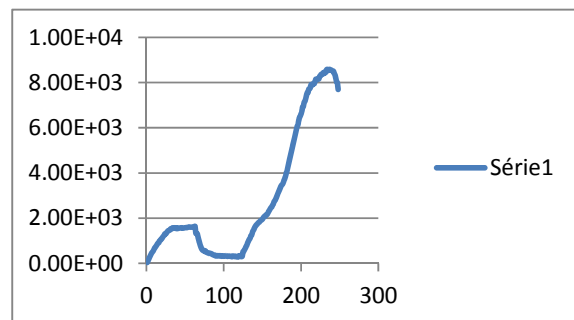


Figura 291 -Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento



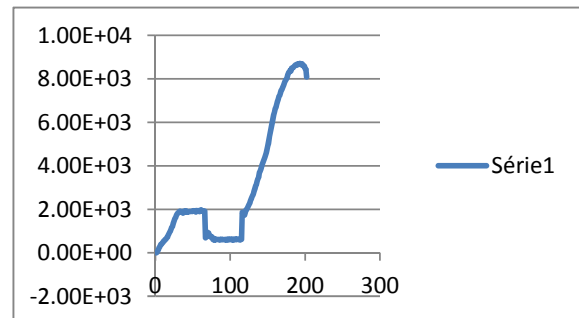
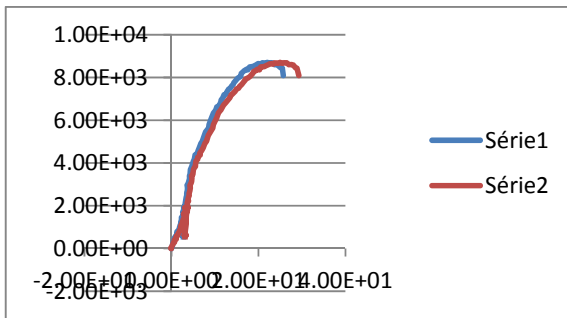


Figura 292 -Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

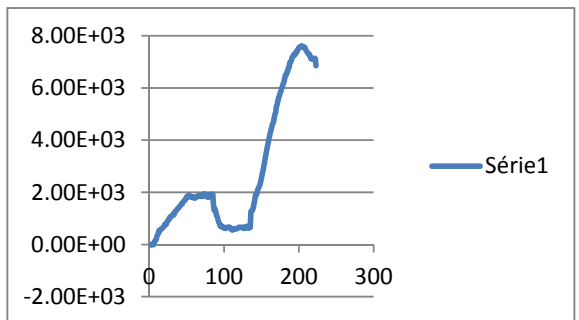
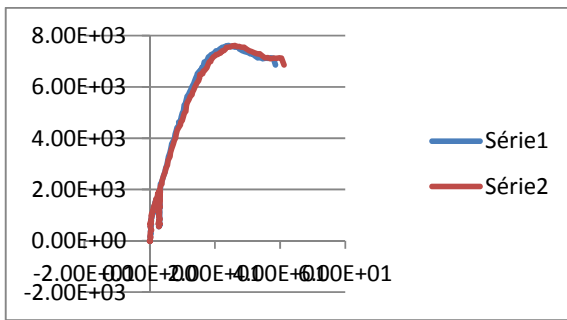


Figura 293 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

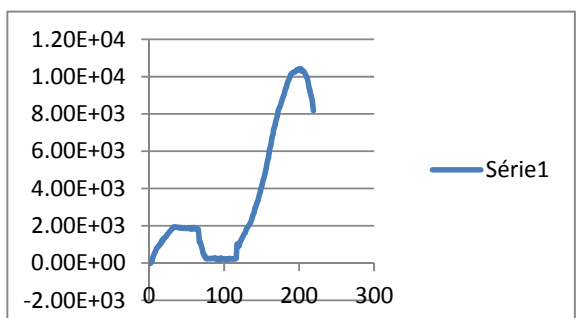
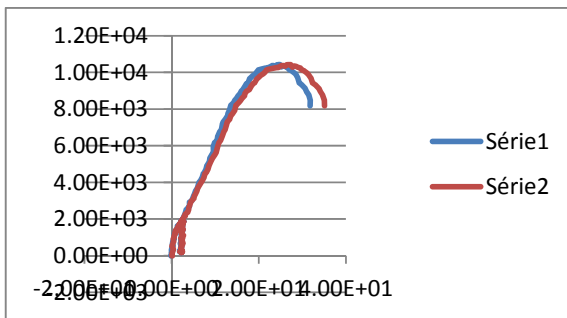


Figura 294 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

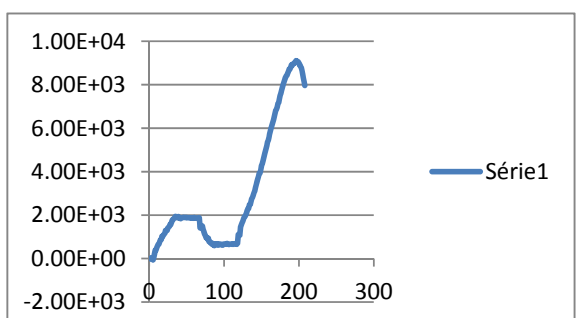
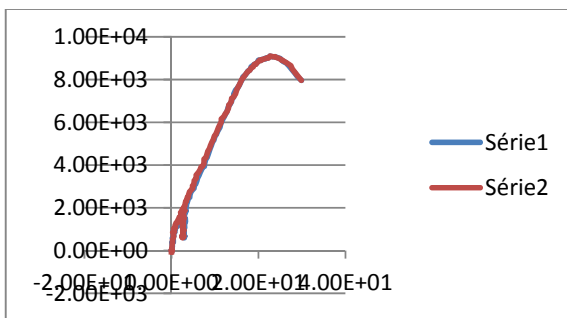


Figura 295 -Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

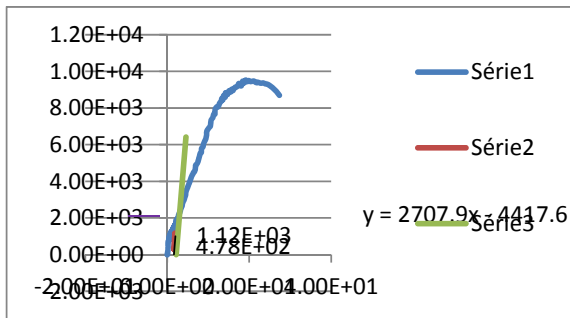


Figura 296 - CP1 Resistência última da ligação

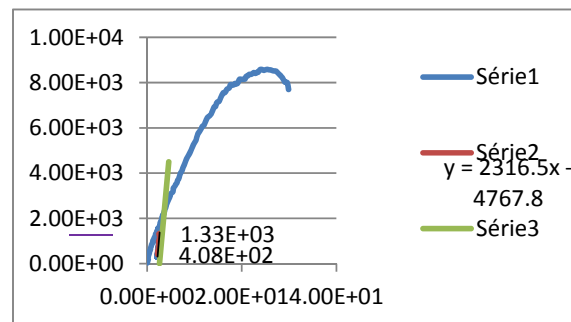


Figura 297 - CP2 Resistência última da ligação

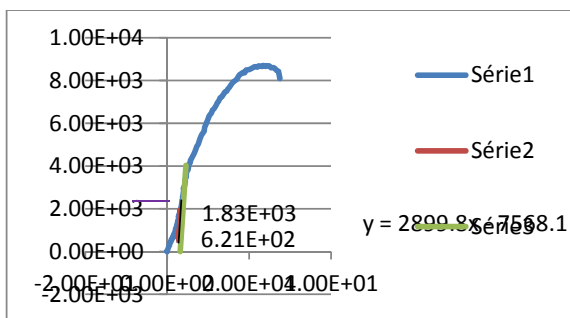


Figura 298 - CP3 Resistência última da ligação

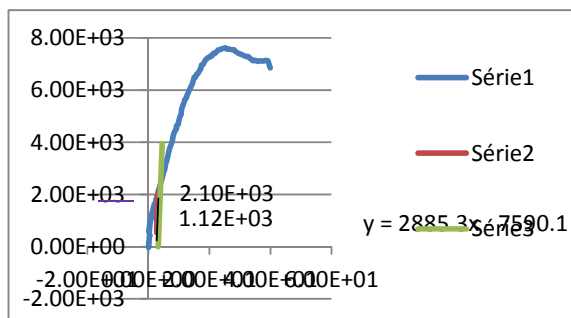


Figura 299- CP4 Resistência última da ligação

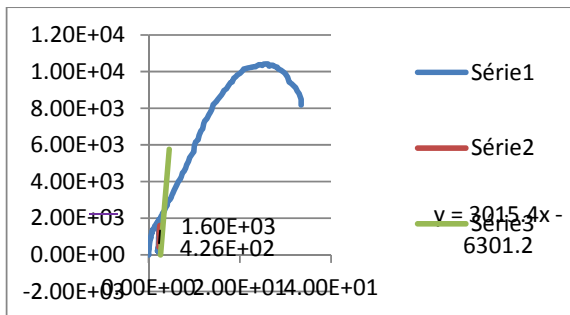


Figura 300 - CP5 Resistência última da ligação.

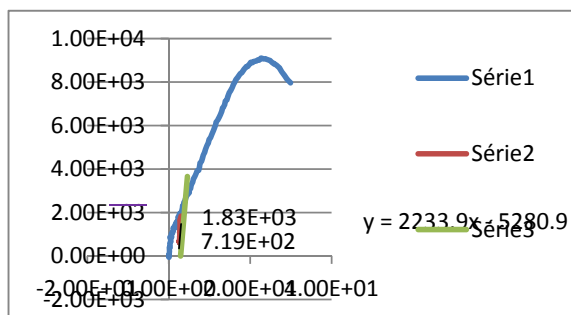


Figura 301 - CP6 Resistência última da ligação.

Na sequência, estão apresentados os resultados dos ensaios estáticos realizados nos corpos-de-prova inclinação dos parafusos a 45° utilizando a espécie de Lyptus.

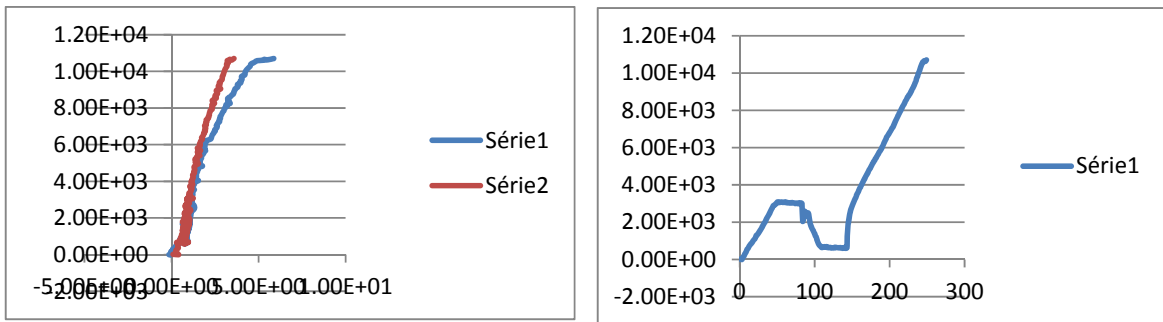


Figura 302 -Corpo de Prova 1 Comportamento/ Deslocamento

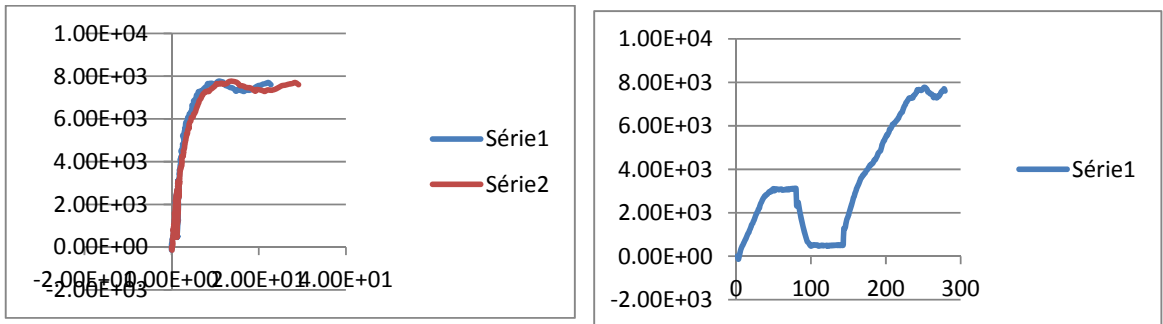


Figura 303 -Corpo de Prova 2 Comportamento/ Deslocamento

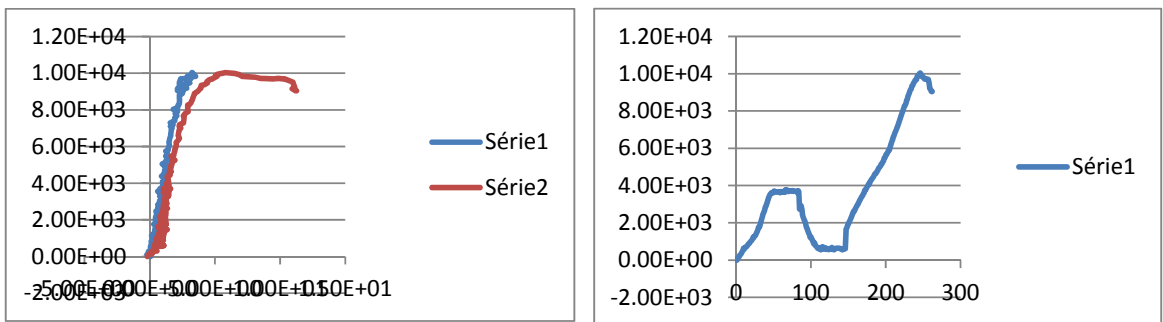


Figura 304 -Corpo de Prova 3 Comportamento/ Deslocamento

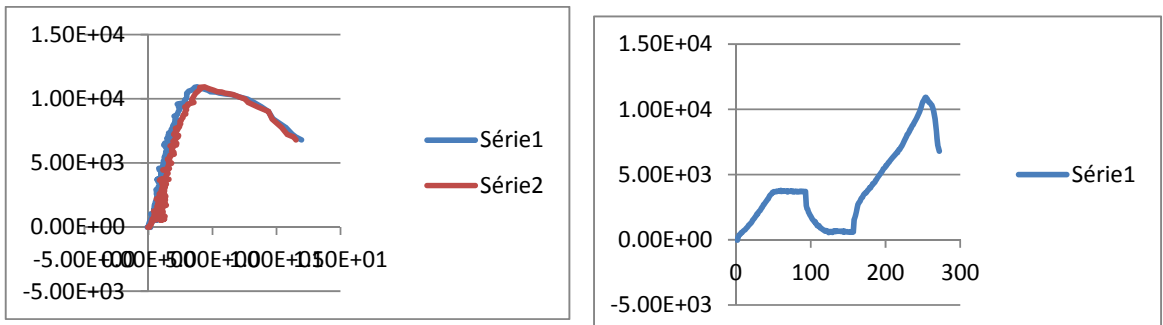


Figura 305 -Corpo de Prova 4 Comportamento/ Deslocamento

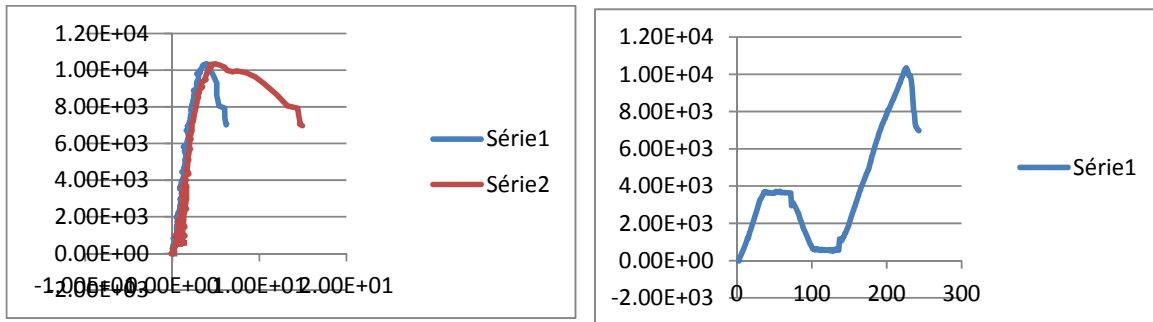


Figura 306 -Corpo de Prova 5 Comportamento/ Deslocamento

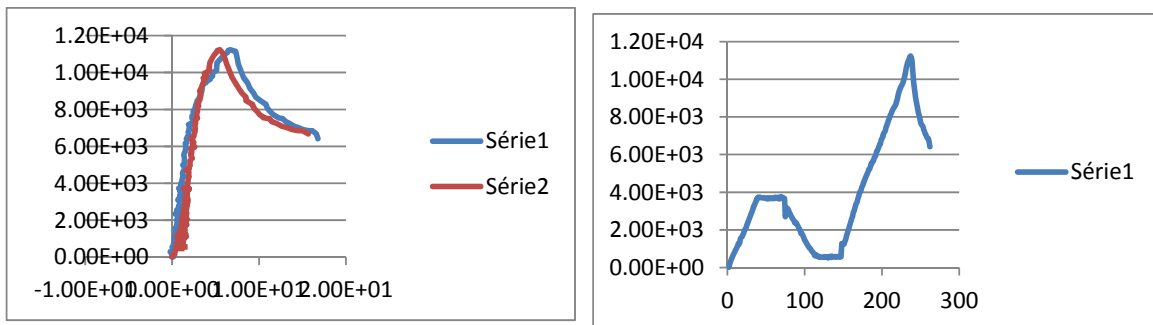


Figura 307 -Corpo de Prova 6 Comportamento/ Deslocamento

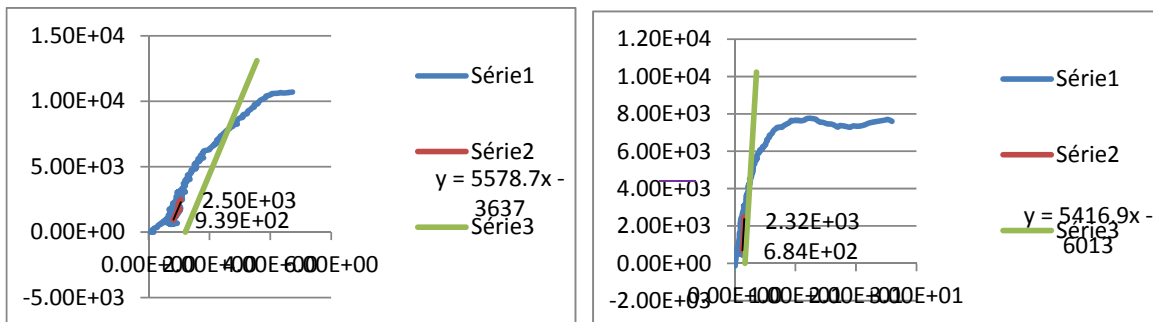


Figura 308 - CP1 Resistencia ultima da ligacao.

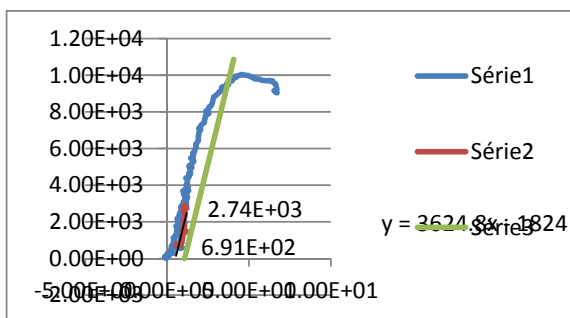


Figura 310 - CP3 Resistência última da ligação

Figura 309 - CP2 Resistencia ultima da ligacao

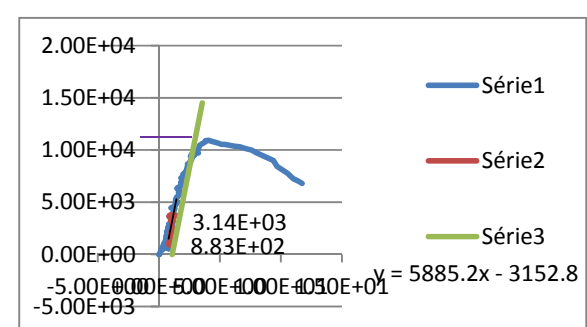


Figura 311 - CP4 Resistência última da ligação

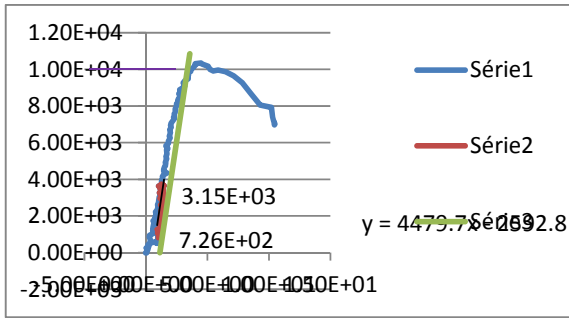


Figura 312 - CP5 Resistência última da ligação

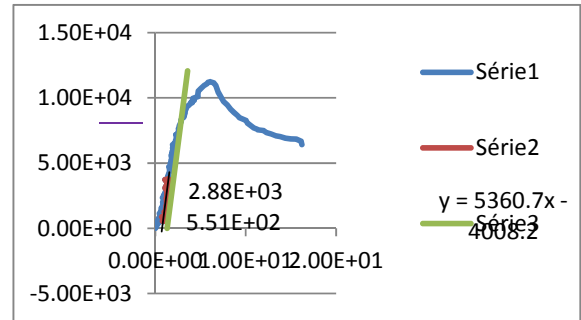


Figura 313 - CP6 Resistência última da ligação

14 APÊNDICE B

Abaixo são apresentados os resultados do ensaio de compressão paralela às fibras.

| CP909 | Pinus | | | |
|----------------|--------------|-------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.259 | 9.954 | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | ΔF |
| | 1 | 2 | | |
| 10 | 16 | 13 | 15 | 0 |
| 20 | 24 | 20 | 22 | 8 |
| 30 | 30 | 25 | 28 | 6 |
| 40 | 34 | 32 | 33 | 6 |
| 50 | 36 | 38 | 37 | 4 |
| 60 | 38 | 43 | 41 | 4 |
| 70 | 39 | 49 | 44 | 4 |
| 80 | 40 | 55 | 48 | 4 |
| 90 | 40 | 60 | 50 | 3 |
| 100 | 41 | 66 | 54 | 4 |
| 110 | 42 | 74 | 58 | 5 |
| 120 | 43 | 80 | 62 | 4 |
| Ruptura (kN) | | 405 | E (GPa) | 24.6 |
| fc (kN) | | | | 36.1 |

| CP9011 | Pinus | | | |
|----------------|--------------|--------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.324 | 10.063 | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | ΔF |
| | 1 | 2 | | |
| 10 | 9 | 13 | 11 | 0 |
| 20 | 14 | 21 | 18 | 7 |
| 30 | 20 | 25 | 23 | 5 |
| 40 | 25 | 30 | 28 | 5 |
| 50 | 29 | 33 | 31 | 4 |
| 60 | 33 | 37 | 35 | 4 |
| 70 | 35 | 40 | 38 | 3 |
| 80 | 38 | 44 | 41 | 4 |
| 90 | 40 | 47 | 44 | 3 |
| 100 | 43 | 50 | 47 | 3 |
| 110 | 44 | 54 | 49 | 3 |
| 120 | 47 | 57 | 52 | 3 |
| Ruptura (kN) | | 483 | E (GPa) | 28.1 |
| fc (kN) | | | | 42.4 |

| CP459 | Pinus | | | |
|-------|-------|--|--|--|
|-------|-------|--|--|--|

| Dimensões (cm) | 11.292 | 10.69 | | |
|----------------|--------------|-------|---------|------------|
| | Deslocamento | | | |
| Força (kN) | 1 | 2 | Média | ΔF |
| 10 | 22 | 5 | 14 | 0 |
| 20 | 27 | 7 | 17 | 4 |
| 30 | 33 | 13 | 23 | 6 |
| 40 | 35 | 15 | 25 | 2 |
| 50 | 39 | 22 | 31 | 6 |
| 60 | 41 | 26 | 34 | 3 |
| 70 | 43 | 29 | 36 | 3 |
| 80 | 44 | 33 | 39 | 3 |
| 90 | 45 | 36 | 41 | 2 |
| 100 | 47 | 40 | 44 | 3 |
| 110 | 48 | 43 | 46 | 2 |
| 120 | 49 | 46 | 48 | 2 |
| Ruptura (kN) | | 590 | E (GPa) | 28.9 |
| fc (kN) | | | | 48.9 |

| CP4511 | Pinus | | | |
|----------------|--------------|------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.303 | 9.28 | | |
| | Deslocamento | | | |
| Força (kN) | 1 | 2 | Média | ΔF |
| 10 | 5 | 15 | 10 | 0 |
| 20 | 13 | 20 | 17 | 7 |
| 30 | 19 | 24 | 22 | 5 |
| 40 | 23 | 28 | 26 | 4 |
| 50 | 27 | 32 | 30 | 4 |
| 60 | 29 | 34 | 32 | 2 |
| 70 | 32 | 37 | 35 | 3 |
| 80 | 34 | 41 | 38 | 3 |
| 90 | 35 | 44 | 40 | 2 |
| 100 | 32 | 48 | 40 | 1 |
| 110 | 38 | 52 | 45 | 5 |
| 120 | 40 | 55 | 48 | 3 |
| Ruptura (kN) | | 613 | E (GPa) | 34.0 |
| fc (kN) | | | | 58.4 |

| CP909 | | Lyptus | | |
|----------------|--------------|--------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.976 | 9.973 | | |
| | Deslocamento | | | |
| Força (kN) | 1 | 2 | Média | ΔF |
| 10 | 11 | 11 | 11 | 0 |
| 20 | 18 | 14 | 16 | 5 |
| 30 | 22 | 17 | 20 | 4 |
| 40 | 24 | 20 | 22 | 3 |
| 50 | 26 | 22 | 24 | 2 |
| 60 | 27 | 25 | 26 | 2 |
| 70 | 28 | 28 | 28 | 2 |
| 80 | 29 | 30 | 30 | 2 |
| 90 | 30 | 33 | 32 | 2 |
| 100 | 31 | 35 | 33 | 2 |
| 110 | 32 | 37 | 35 | 2 |
| 120 | 33 | 39 | 36 | 2 |
| Ruptura (kN) | | 888 | E (GPa) | 46.9 |
| | fc (kN) | | | 74.4 |

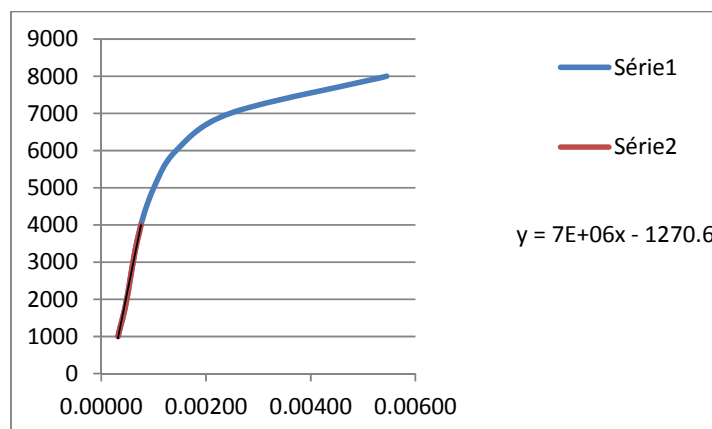
| CP9011 | | Lyptus | | |
|----------------|--------------|--------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 10.159 | 12.114 | | |
| | Deslocamento | | | |
| Força (kN) | 1 | 2 | Média | ΔF |
| 10 | 8 | 18 | 13 | 0 |
| 20 | 19 | 21 | 20 | 7 |
| 30 | 24 | 23 | 24 | 4 |
| 40 | 28 | 26 | 27 | 4 |
| 50 | 31 | 28 | 30 | 3 |
| 60 | 33 | 30 | 32 | 2 |
| 70 | 35 | 32 | 34 | 2 |
| 80 | 37 | 34 | 36 | 2 |
| 90 | 39 | 37 | 38 | 3 |
| 100 | 40 | 38 | 39 | 1 |
| 110 | 41 | 40 | 41 | 2 |
| 120 | 43 | 41 | 42 | 2 |
| Ruptura (kN) | | 944 | E (GPa) | 42.5 |
| | fc (kN) | | | 76.7 |

| CP459 | | Lyptus | | |
|----------------|--------------|--------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.991 | 10.064 | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | ΔF |
| | 1 | 2 | | |
| 10 | 20 | 10 | 15 | 0 |
| 20 | 27 | 13 | 20 | 5 |
| 30 | 32 | 17 | 25 | 5 |
| 40 | 36 | 19 | 28 | 3 |
| 50 | 40 | 22 | 31 | 4 |
| 60 | 43 | 24 | 34 | 3 |
| 70 | 45 | 27 | 36 | 3 |
| 80 | 47 | 30 | 39 | 3 |
| 90 | 50 | 32 | 41 | 3 |
| 100 | 51 | 34 | 43 | 2 |
| 110 | 53 | 36 | 45 | 2 |
| 120 | 55 | 39 | 47 | 3 |
| Ruptura (kN) | | 818 | E (GPa) | 33.3 |
| | fc (kN) | | | 67.8 |

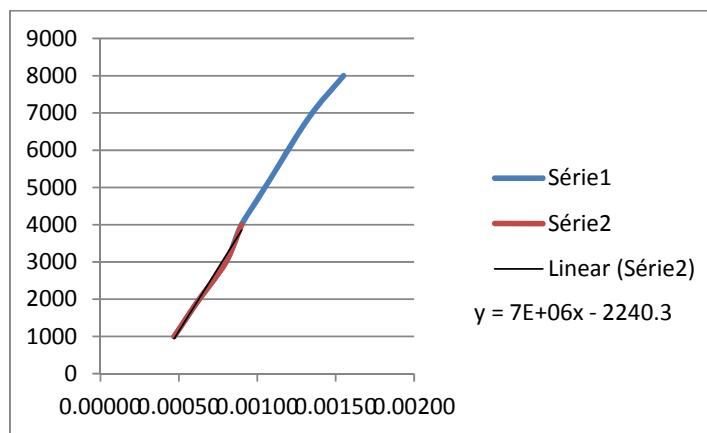
| CP4511 | | Lyptus | | |
|----------------|--------------|--------|---------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.899 | 9.961 | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | ΔF |
| | 1 | 2 | | |
| 10 | 9 | 22 | 16 | 0 |
| 20 | 14 | 30 | 22 | 7 |
| 30 | 17 | 37 | 27 | 5 |
| 40 | 18 | 44 | 31 | 4 |
| 50 | 19 | 50 | 35 | 4 |
| 60 | 19 | 56 | 38 | 3 |
| 70 | 20 | 60 | 40 | 3 |
| 80 | 22 | 64 | 43 | 3 |
| 90 | 23 | 66 | 45 | 2 |
| 100 | 25 | 69 | 47 | 3 |
| 110 | 27 | 72 | 50 | 3 |
| 120 | 29 | 74 | 52 | 2 |
| Ruptura (kN) | | 883 | E (GPa) | 32.3 |
| | fc (kN) | | | 74.5 |

Abaixo são apresentados os resultados do ensaio de compressão perpendicular às fibras.

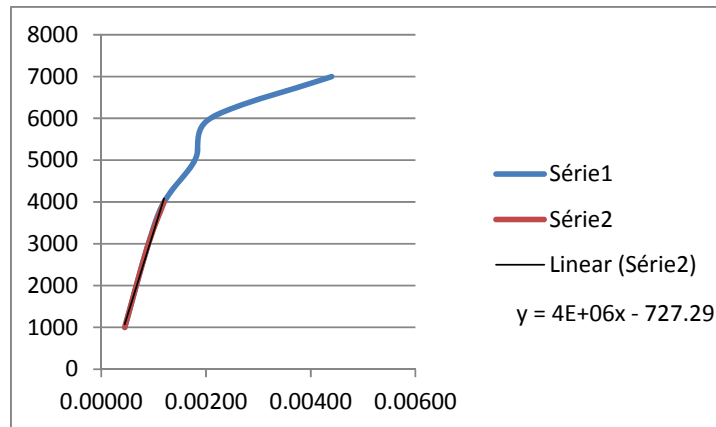
| CP909 | Pinus | | | | |
|----------------|--------------|--------|---------|----------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.077 | 11.665 | | | |
| | Deslocamento | | | | |
| Força (kN) | 1 | 2 | Média | Média mm | ΔF |
| 10 | 37 | 27 | 32 | 0.00032 | 0 |
| 20 | 55 | 43 | 49 | 0.00049 | 17 |
| 30 | 62 | 59 | 61 | 0.00061 | 12 |
| 40 | 77 | 75 | 76 | 0.00076 | 16 |
| 50 | 100 | 101 | 101 | 0.00101 | 25 |
| 60 | 136 | 150 | 143 | 0.00143 | 43 |
| 70 | 236 | 255 | 246 | 0.00246 | 103 |
| 80 | 540 | 550 | 545 | 0.00545 | 300 |
| Ruptura (kN) | | 110 | E (GPa) | | 7.0 |
| f_c (kN) | | | | | 8.5 |



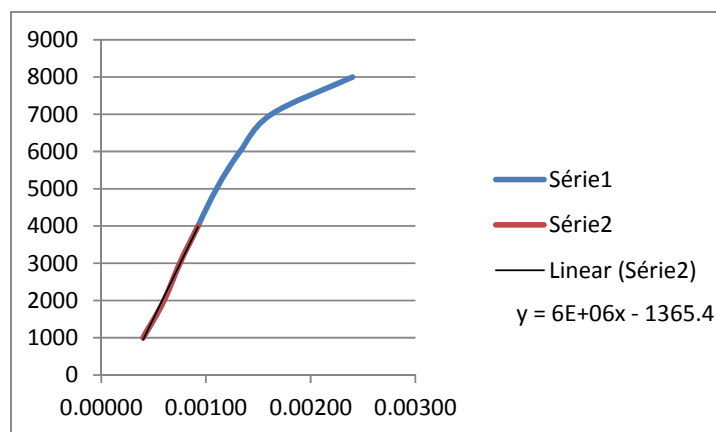
| CP9011 | | Pinus | | | | |
|----------------|--------------|--------|--------|----------|------|--|
| Dimensões (cm) | | 11.033 | 12.174 | | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | Média mm | ΔF | |
| | 1 | 2 | | | | |
| 10 | 29 | 65 | 47 | 0.00047 | 0 | |
| 20 | 43 | 83 | 63 | 0.00063 | 16 | |
| 30 | 60 | 100 | 80 | 0.00080 | 17 | |
| 40 | 70 | 110 | 90 | 0.00090 | 10 | |
| 50 | 85 | 125 | 105 | 0.00105 | 15 | |
| 60 | 100 | 139 | 120 | 0.00120 | 15 | |
| 70 | 115 | 155 | 135 | 0.00135 | 16 | |
| 80 | 135 | 175 | 155 | 0.00155 | 20 | |
| Ruptura (kN) | | 147 | | E | 7.0 | |
| fc (kN) | | | | | 10.9 | |



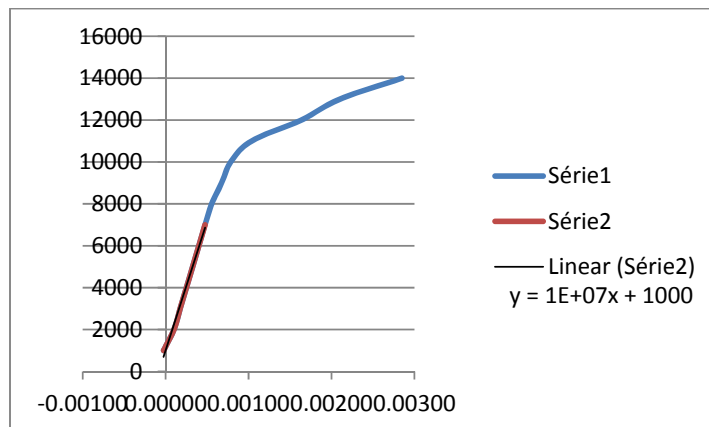
| CP459 | | Pinus | | | | |
|----------------|--------------|--------|--------|----------|------|--|
| Dimensões (cm) | | 11.061 | 10.913 | | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | Média mm | ΔF | |
| | 1 | 2 | | | | |
| 10 | 55 | 35 | 45 | 0.00045 | 0 | |
| 20 | 79 | 55 | 67 | 0.00067 | 22 | |
| 30 | 100 | 80 | 90 | 0.00090 | 23 | |
| 40 | 130 | 110 | 120 | 0.00120 | 30 | |
| 50 | 185 | 173 | 179 | 0.00179 | 59 | |
| 60 | 210 | 207 | 209 | 0.00209 | 30 | |
| 70 | 480 | 400 | 440 | 0.00440 | 232 | |
| Ruptura (kN) | | 121 | | E | 4.0 | |
| fc (kN) | | | | | 10.0 | |



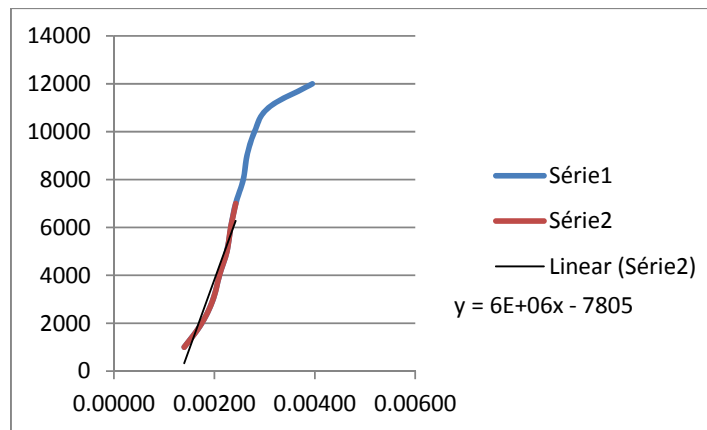
| CP4511 | | Pinus | | | | |
|----------------|--------------|--------|--------|----------|------------|--|
| Dimensões (cm) | | 11.896 | 11.049 | | | |
| Força (kN) | Deslocamento | | Média | Média mm | ΔF | |
| | 1 | 2 | | | | |
| 10 | 10 | 70 | 40 | 0.00040 | 0 | |
| 20 | 30 | 90 | 60 | 0.00060 | 20 | |
| 30 | 45 | 105 | 75 | 0.00075 | 15 | |
| 40 | 65 | 120 | 93 | 0.00093 | 18 | |
| 50 | 83 | 137 | 110 | 0.00110 | 18 | |
| 60 | 105 | 160 | 133 | 0.00133 | 23 | |
| 70 | 135 | 190 | 163 | 0.00163 | 30 | |
| 80 | 210 | 270 | 240 | 0.00240 | 78 | |
| Ruptura (kN) | | | 166 | E | 6.0 | |
| fc (kN) | | | | | 12.6 | |



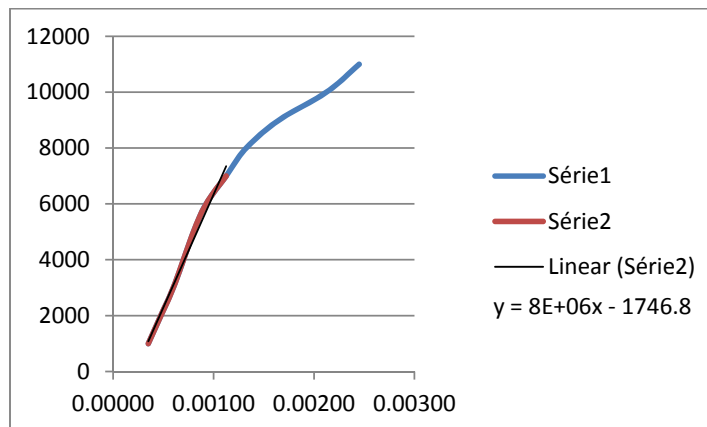
| CP909 | | Lyptus | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|-------|-------------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.086 | 11.775 | | | |
| Força (kN) | Deslocamento 1 | Deslocamento 2 | Média | Média mm | ΔF |
| 10 | -20 | 15 | -3 | -0.00003 | 0 |
| 20 | -10 | 30 | 10 | 0.00010 | 13 |
| 30 | -5 | 40 | 18 | 0.00018 | 8 |
| 40 | 0 | 50 | 25 | 0.00025 | 8 |
| 50 | 5 | 60 | 33 | 0.00033 | 8 |
| 60 | 10 | 70 | 40 | 0.00040 | 8 |
| 70 | 15 | 80 | 48 | 0.00048 | 8 |
| 80 | 21 | 90 | 56 | 0.00056 | 8 |
| 90 | 30 | 105 | 68 | 0.00068 | 12 |
| 100 | 37 | 120 | 79 | 0.00079 | 11 |
| 110 | 47 | 160 | 104 | 0.00104 | 25 |
| 120 | 57 | 270 | 164 | 0.00164 | 60 |
| 130 | 80 | 340 | 210 | 0.00210 | 47 |
| 140 | 110 | 460 | 285 | 0.00285 | 75 |
| Ruptura (kN) | | 197 | E | | 10.0 |
| fc (kN) | | | | | 15.0 |



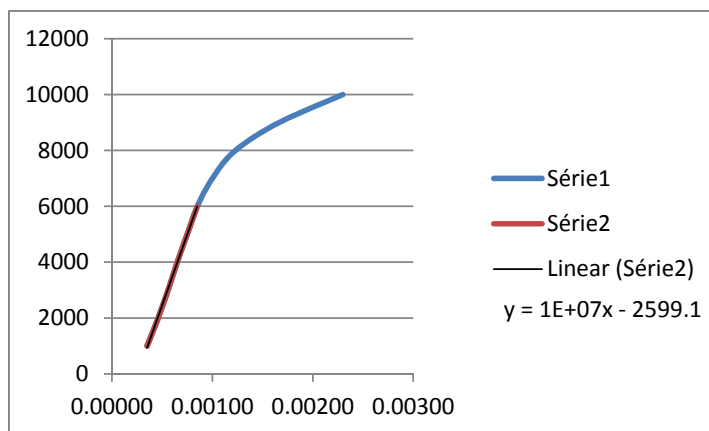
| CP9011 | | Lyptus | | | |
|----------------|----------------|----------------|-------|----------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.096 | 11.485 | | | |
| Força (kN) | Deslocamento 1 | Deslocamento 2 | Média | Média mm | ΔF |
| 10 | 130 | 150 | 140 | 0.00140 | 0 |
| 20 | 160 | 190 | 175 | 0.00175 | 35 |
| 30 | 185 | 210 | 198 | 0.00198 | 23 |
| 40 | 200 | 220 | 210 | 0.00210 | 13 |
| 50 | 210 | 240 | 225 | 0.00225 | 15 |
| 60 | 215 | 250 | 233 | 0.00233 | 8 |
| 70 | 225 | 260 | 243 | 0.00243 | 10 |
| 80 | 235 | 280 | 258 | 0.00258 | 15 |
| 90 | 240 | 290 | 265 | 0.00265 | 8 |
| 100 | 250 | 310 | 280 | 0.00280 | 15 |
| 110 | 265 | 350 | 308 | 0.00308 | 28 |
| 120 | 320 | 470 | 395 | 0.00395 | 88 |
| Ruptura (kN) | | 137 | E | 6.0 | |
| fc (kN) | | | | | 10.7 |



| CP459 | | Lyptus | | | | |
|----------------|----------------|----------------|-------|----------|------------|--|
| Dimensões (cm) | 11.075 | 11.659 | | | | |
| Força (kN) | Deslocamento 1 | Deslocamento 2 | Média | Média mm | ΔF | |
| 10 | 20 | 50 | 35 | 0.00035 | 0 | |
| 20 | 35 | 60 | 48 | 0.00048 | 13 | |
| 30 | 50 | 70 | 60 | 0.00060 | 13 | |
| 40 | 60 | 80 | 70 | 0.00070 | 10 | |
| 50 | 70 | 90 | 80 | 0.00080 | 10 | |
| 60 | 80 | 105 | 93 | 0.00093 | 13 | |
| 70 | 95 | 130 | 113 | 0.00113 | 20 | |
| 80 | 105 | 160 | 133 | 0.00133 | 20 | |
| 90 | 120 | 210 | 165 | 0.00165 | 33 | |
| 100 | 145 | 280 | 213 | 0.00213 | 48 | |
| 110 | 190 | 300 | 245 | 0.00245 | 33 | |
| Ruptura (kN) | | 174 | E | 8.0 | | |
| fc (kN) | | | | | 13.4 | |



| CP9011 | | Lyptus | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|-------|-------------|------------|
| Dimensões (cm) | 11.055 | 11.358 | | | |
| Força (kN) | Deslocamento 1 | Deslocamento 2 | Média | Média mm | ΔF |
| 10 | 30 | 40 | 35 | 0.00035 | 0 |
| 20 | 39 | 53 | 46 | 0.00046 | 11 |
| 30 | 47 | 65 | 56 | 0.00056 | 10 |
| 40 | 54 | 76 | 65 | 0.00065 | 9 |
| 50 | 60 | 90 | 75 | 0.00075 | 10 |
| 60 | 65 | 105 | 85 | 0.00085 | 10 |
| 70 | 70 | 130 | 100 | 0.00100 | 15 |
| 80 | 73 | 173 | 123 | 0.00123 | 23 |
| 90 | 83 | 250 | 167 | 0.00167 | 44 |
| 100 | 95 | 365 | 230 | 0.00230 | 64 |
| Ruptura (kN) | | 132 | E | | 10.0 |
| fc (kN) | | | | | 10.5 |



15 APÊNDICE C

A Figura A1 apresenta as Figuras de resíduos da ANOVA referente aos valores de força dos 16 tratamentos investigados.

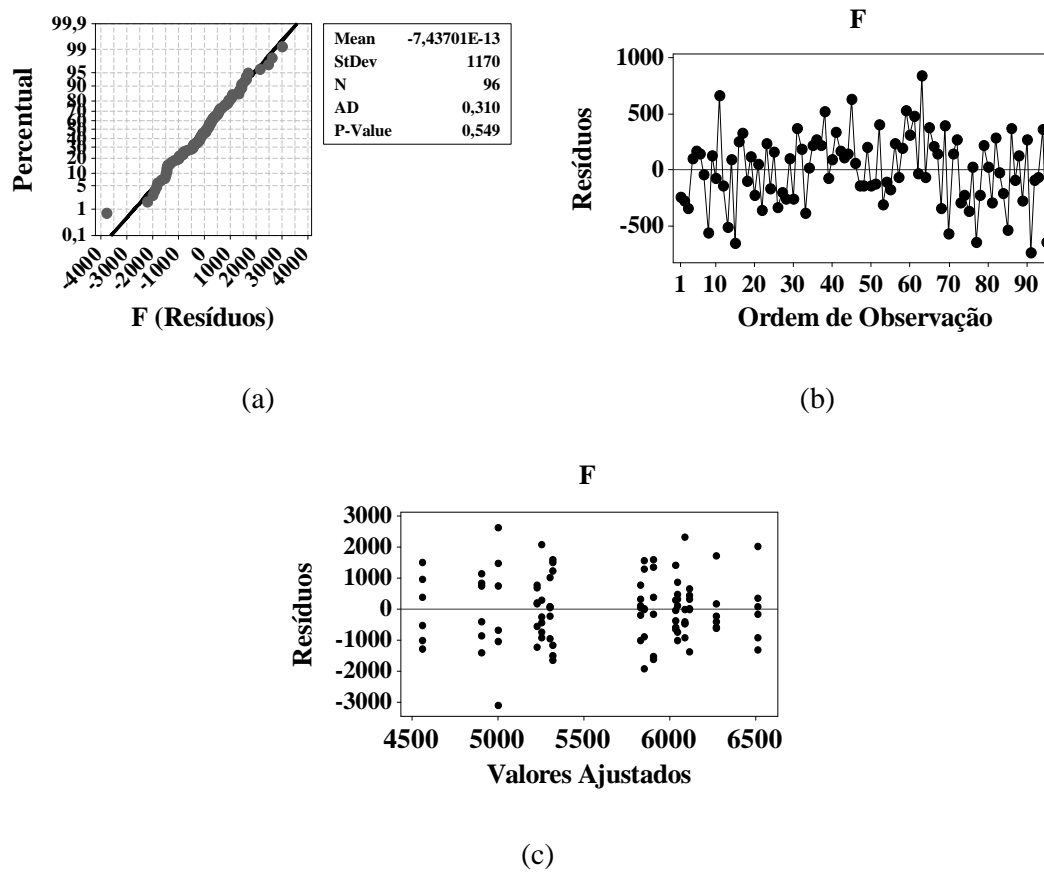


Figura 314 – Resultados dos resíduos da ANOVA para os valores de força: normalidade (a), independência (b) e homogeneidade (c).

16 APÊNDICE D – SCRIPTS UTILIZADOS PARA O MODELO RETO.

Neste apêndice estão apresentados os scripts utilizados pelo TrueGrid e ANSYS, referentes ao modelo do corpo de prova de pinus com os conectores em paralelo.

TrueGrid

```

C *****
c MODELO 01: CORPO DE PROVA COM CONECTORES EM "Paralelo"
C *****
c SCRIPT PARA DISCRETIZAÇÃO DA MALHA DOS ELEMENTOS
c PROGRAMA UTILIZADO: TRUEGRID - versão 2.10
c CONSTRUÇÃO DE 1/2 ESTRUTURA
c Dimensões em (cm)
C *****
c PARÂMETROS AUXILIARES:
C *****
c Material 1: Aço
c Material 2: Madeira parte 1
c Material 3: Madeira parte 2
C *****
c Gera cilindro maciço 1:
C *****
cylinder 1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25;
0 2.25 4.5;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5
270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100 102.25 106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
C *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
C *****
gct 1 ry 90 v 0 140 40;
grep 1;
C *****
c Define material:
mate 1
C *****
endpart
C *****
c Gera cilindro maciço 2:
C *****
cylinder 1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25;
0 2.25 4.5;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5 270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100 102.25 106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
C *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
C *****
gct 1 ry 90 v 0 340 80;
grep 1;
C *****
c Define material:
mate 1
C *****
endpart

```

```

c *****
c *****
c Gera cilindro parte de fora 1.1:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5
270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 90 v 0 140 40;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 4; 1 17; 1 13; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 4; 1 17; 1 13; = CT_CM_C4;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera cilindro parte de fora 1.2:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5
270 292.5 315 337.5 360;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4

```

```

sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 90 v 0 140 40;
gref 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 17; 1 13; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 17; 1 13; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c *****
c Gera bloco 1.1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;11 15;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 v 0 134 0;
gref 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 13; 1 5; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 13; 1 5; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c *****
c Gera bloco 1.2 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4
171.8 181.2 190.6 200;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2

```



```

74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;11 15;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 v 0 134 0;
gcp 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 5; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 5; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera cilindro maciço 2:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5 270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 90 v 0 340 80;
gcp 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 4; 1 17; 1 13; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 4; 1 17; 1 13; = CT_CM_C4;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****

```

```

c Gera cilindro maciço 2:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5 270 292.5 315 337.5 360;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 90 v 0 340 80;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 17; 1 13; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 17; 1 13; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 2.1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;25 29;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 v 0 334 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 13; 1 5; 1 39; 1 s;

```

```

c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 13; 1 5; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 2.2 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8
181.2 190.6 200;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;25 29;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 v 0 334 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 5; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 5; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco inferior lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 90;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 5.35;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 0 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco inferior lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;

```

```

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 44;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 2.62;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 90 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 13; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 13; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco meio lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 188;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 11.22;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 146 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 13; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 13; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco topo lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 44;

```

```

0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 2.62;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 346 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 13; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 13; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco inferior lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4
171.8 181.2 190.6 200;
0 44;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 2.62;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 90 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco meio lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4
171.8 181.2 190.6 200;
0 188;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86

```

```

89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 11.22;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 146 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco topo lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4
171.8 181.2 190.6 200;
0 44;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 2.62;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 346 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco topo lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4
171.8 181.2 190.6 200;
0 90;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 5.35;
c Transporte do bloco para cima da conexão:

```

```

c *****
gct 1 v 0 390 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 1; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 1; 1 2; 1 39; = CT_CM_C4;
c *****
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Merge
c *****
merge
stp 0.001
c *****
c Escreve para Ansys
c *****
ansys
write
c *****

```

ANSYS

```

FINISH
/CLEAR
! *****
! MODELO 01: CORPO DE PROVA COM CONECTORES EM PARALELO
! *****
! SCRIPT PARA CALIBRAÇÃO DO MODELO
! ENSAIO ESTÁTICO DO CORPO DE PROVA
! PROGRAMA UTILIZADO: ANSYS - VERSÃO 10.0
! SIMULAÇÃO DE 1/2 DA ESTRUTURA
! MALHA GERADA NO TRUE GRID - VERSÃO 2.10
! *****
! Dimensões em (mm)
! Forças aplicadas em (KN)
! *****
! Parâmetros auxiliares:
! Material 1: Aço do conector (solid 45) isotrópico
! Material 2: Madeira (solid 45) - ortotrópico (esquerda)
! Material 3: Madeira (solid 45) - ortotrópico (direito)
! *****
! Critérios de resistência para os materiais:
! *****
! Madeira: von Misses (tração e compressão);
! Aço do conector: von Misses (tração e compressão);
! *****
! OPÇÕES GERAIS
! *****
ALLSEL,ALL
/PNUM,MAT,1
/NUMBER,1
/REPLOT
! *****
! Pré-Processamento da estrutura:
! *****
/CONFIG,NPROC,2 !PARA USAR OS 2 PROCESSADORES
! *****
! Dados para consideração de elementos de contato:
! *****
fkn = 1.0          ! rigidez normal
ftoln = 0.1       ! Tolerancia de penetração
! *****
! Valores dos coeficientes de atrito em cada par de contato:
! *****

```

```

nratrito1 = 0.01 ! coeficiente de atrito entre a madeira e a madeira
! *****
! Dados de entrada para o aço do conector:
! *****
/PREP7
! *****
! Propriedades físicas do aço (kN/mm^2) - material 1
! *****
ET,1,SOLID45
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,210
MPDATA,PRXY,1,,0.3
! *****
! Curva Tensão x Deformação para o aço do conector (kN/mm/2)
! *****
TB,BISO,1,1,2,
TB,BISO,1,1,2,
TBDE,MELA,1
TB,BISO,1,1,2,
TBTEMP,0
TBDATA,,0.50,3.80,,,,

! *****
! Densidade para o aço do conector:
! *****
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDE,DENS,1
MPDATA,DENS,1,,0.0000785
! *****
! Atribuindo a real constante n.1 o aço:
! *****
R,1,,,,,,,,,
RMORE,,,,,,,,,
RMORE,,
TYPE, 1
MAT, 1
! *****
! Dados de entrada para a madeira:
! *****
! Propriedades elásticas da madeira: (E=14.66 kN/mm^2)
! *****
ET,2,SOLID45
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,2,,24.6
MPDATA,PRXY,2,,0.2
! *****
! Densidade da madeira:
! *****
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,DENS,2,,0.5E-005
! *****
! Construção da curva de ruptura do material 1 (critério de von Mises -isotrópico)
! *****
TB,MELA,2,1,3,
TBTEMP,0
TBPT,,0,0
TBPT,,0.001442,0.035486
TBPT,,0.002884,0.0355
! *****
! Atribuindo a real constante n.2 a madeira:
! *****
R,2,,,,,,,,,
RMORE,,,,,,,,,
RMORE,,
TYPE, 2
MAT, 2
! *****
! Propriedades elásticas da madeira: (E=14.66 kN/mm^2)

```



```

! *****
ET,3,SOLID45
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,3,,24.6
MPDATA,PRXY,3,,0.2
! *****
! Densidade da madeira:
! *****
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,DENS,3,,0.5E-005
! *****
! Construção da curva de ruptura do material 1 (critério de von Mises -isotrópico)
! *****
TB,MELA,3,1,3,
TBTEMP,0
TBPT,,0,0
TBPT,,0.003505,0.051383
TBPT,,0.006505,0.0514
! *****
! Atribuindo a real constante n.3 a madeira:
! *****
R,3,,,,,
RMORE,,,,,
RMORE,,
TYPE, 3
MAT, 3
! *****
! Criação dos Elementos de contato
ET,4,TARGE170
ET,5,CONTA174
! *****
! CONSTANTES REAIS:
R,7,,fkn,ftoln,,
! *****
! Contato entre os materiais:
! *****
MPTEMP,1,0
MPDATA,MU,6,,natrito1
! *****
! Entrar com o arquivo malha.INP (nomeado no True Grid como: "script - TRUEGRID1")
/INPUT,'MODELO1','inp','C:\Users\Carlito\Desktop\',' 0
! *****
! Criação de cada par de contato entre os materiais:
! *****
ALLSEL,ALL
MAT,6
! *****
! Par de contato - Interface entre a madeira e o concreto:
! *****
! CONTATO:
CMSEL,S,CT_MC_01                                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                           ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                           ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                                     ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_01                                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                           ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                           ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                                     ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_02                                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                           ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                           ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                                     ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_02                                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                           ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                           ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                                     ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_03                                ! SELECIONANDO NÓS

```

```

TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_03                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_04                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_04                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_05                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_05                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_06                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_06                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_07                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_07                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_08                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_08                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_09                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_09                        ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

```

!definir merge no volume para que os elementos tenham seus nós unidos

```
! *****  
ALLSEL,ALL  
NSEL,ALL  
NUMMRG,NODE, , , low  
! *****  
! Vinculacao da base de apoio com vinculacao em x, y e z  
! *****  
FINISH  
/SOL  
FLST,2,507,1,ORDE,507  
FITEM,2,11531  
FITEM,2,-11532  
FITEM,2,11545  
FITEM,2,-11546  
FITEM,2,11559  
FITEM,2,11566  
FITEM,2,11573  
FITEM,2,11580  
FITEM,2,11587  
FITEM,2,11594  
FITEM,2,11601  
FITEM,2,11608  
FITEM,2,11615  
FITEM,2,11622  
FITEM,2,11629  
FITEM,2,11636  
FITEM,2,11643  
FITEM,2,11650  
FITEM,2,11657  
FITEM,2,11664  
FITEM,2,11671  
FITEM,2,11678  
FITEM,2,11685  
FITEM,2,11692  
FITEM,2,11699  
FITEM,2,11706  
FITEM,2,11713  
FITEM,2,11720  
FITEM,2,11727  
FITEM,2,11734  
FITEM,2,11741  
FITEM,2,11748  
FITEM,2,11755  
FITEM,2,11762  
FITEM,2,11769  
FITEM,2,11776  
FITEM,2,11783  
FITEM,2,11790  
FITEM,2,11797  
FITEM,2,11804  
FITEM,2,11811  
FITEM,2,11818  
FITEM,2,11825  
FITEM,2,11832  
FITEM,2,11839  
FITEM,2,11846  
FITEM,2,11853  
FITEM,2,11860  
FITEM,2,11867  
FITEM,2,11874  
FITEM,2,11881  
FITEM,2,11888  
FITEM,2,11895  
FITEM,2,11902  
FITEM,2,11909  
FITEM,2,11916  
FITEM,2,11923  
FITEM,2,11930  
FITEM,2,11937  
FITEM,2,11944  
FITEM,2,11951  
FITEM,2,11958  
FITEM,2,11965
```

FITEM,2,11972
FITEM,2,11979
FITEM,2,11986
FITEM,2,11993
FITEM,2,12000
FITEM,2,12007
FITEM,2,12014
FITEM,2,12021
FITEM,2,12028
FITEM,2,12035
FITEM,2,12042
FITEM,2,12049
FITEM,2,12056
FITEM,2,12063
FITEM,2,12070
FITEM,2,12077
FITEM,2,-12078
FITEM,2,12091
FITEM,2,12098
FITEM,2,12105
FITEM,2,12112
FITEM,2,12119
FITEM,2,12126
FITEM,2,12133
FITEM,2,12140
FITEM,2,12147
FITEM,2,12154
FITEM,2,12161
FITEM,2,12168
FITEM,2,12175
FITEM,2,12182
FITEM,2,12189
FITEM,2,12196
FITEM,2,12203
FITEM,2,12210
FITEM,2,12217
FITEM,2,12224
FITEM,2,12231
FITEM,2,12238
FITEM,2,12245
FITEM,2,12252
FITEM,2,12259
FITEM,2,12266
FITEM,2,12273
FITEM,2,12280
FITEM,2,12287
FITEM,2,12294
FITEM,2,12301
FITEM,2,12308
FITEM,2,12315
FITEM,2,12322
FITEM,2,12329
FITEM,2,12336
FITEM,2,12343
FITEM,2,12350
FITEM,2,-12351
FITEM,2,12364
FITEM,2,12371
FITEM,2,12378
FITEM,2,12385
FITEM,2,12392
FITEM,2,12399
FITEM,2,12406
FITEM,2,12413
FITEM,2,12420
FITEM,2,12427
FITEM,2,12434
FITEM,2,12441
FITEM,2,12448
FITEM,2,12455
FITEM,2,12462
FITEM,2,12469
FITEM,2,12476

FITEM,2,12483
FITEM,2,12490
FITEM,2,12497
FITEM,2,12504
FITEM,2,12511
FITEM,2,12518
FITEM,2,12525
FITEM,2,12532
FITEM,2,12539
FITEM,2,12546
FITEM,2,12553
FITEM,2,12560
FITEM,2,12567
FITEM,2,12574
FITEM,2,12581
FITEM,2,12588
FITEM,2,12595
FITEM,2,12602
FITEM,2,12609
FITEM,2,12616
FITEM,2,12623
FITEM,2,-12624
FITEM,2,12637
FITEM,2,12644
FITEM,2,12651
FITEM,2,12658
FITEM,2,12665
FITEM,2,12672
FITEM,2,12679
FITEM,2,12686
FITEM,2,12693
FITEM,2,12700
FITEM,2,12707
FITEM,2,12714
FITEM,2,12721
FITEM,2,12728
FITEM,2,12735
FITEM,2,12742
FITEM,2,12749
FITEM,2,12756
FITEM,2,12763
FITEM,2,12770
FITEM,2,12777
FITEM,2,12784
FITEM,2,12791
FITEM,2,12798
FITEM,2,12805
FITEM,2,12812
FITEM,2,12819
FITEM,2,12826
FITEM,2,12833
FITEM,2,12840
FITEM,2,12847
FITEM,2,12854
FITEM,2,12861
FITEM,2,12868
FITEM,2,12875
FITEM,2,12882
FITEM,2,12889
FITEM,2,12896
FITEM,2,-12897
FITEM,2,12910
FITEM,2,12917
FITEM,2,12924
FITEM,2,12931
FITEM,2,12938
FITEM,2,12945
FITEM,2,12952
FITEM,2,12959
FITEM,2,12966
FITEM,2,12973
FITEM,2,12980
FITEM,2,12987

FITEM,2,12994
FITEM,2,13001
FITEM,2,13008
FITEM,2,13015
FITEM,2,13022
FITEM,2,13029
FITEM,2,13036
FITEM,2,13043
FITEM,2,13050
FITEM,2,13057
FITEM,2,13064
FITEM,2,13071
FITEM,2,13078
FITEM,2,13085
FITEM,2,13092
FITEM,2,13099
FITEM,2,13106
FITEM,2,13113
FITEM,2,13120
FITEM,2,13127
FITEM,2,13134
FITEM,2,13141
FITEM,2,13148
FITEM,2,13155
FITEM,2,13162
FITEM,2,13169
FITEM,2,-13170
FITEM,2,13183
FITEM,2,13190
FITEM,2,13197
FITEM,2,13204
FITEM,2,13211
FITEM,2,13218
FITEM,2,13225
FITEM,2,13232
FITEM,2,13239
FITEM,2,13246
FITEM,2,13253
FITEM,2,13260
FITEM,2,13267
FITEM,2,13274
FITEM,2,13281
FITEM,2,13288
FITEM,2,13295
FITEM,2,13302
FITEM,2,13309
FITEM,2,13316
FITEM,2,13323
FITEM,2,13330
FITEM,2,13337
FITEM,2,13344
FITEM,2,13351
FITEM,2,13358
FITEM,2,13365
FITEM,2,13372
FITEM,2,13379
FITEM,2,13386
FITEM,2,13393
FITEM,2,13400
FITEM,2,13407
FITEM,2,13414
FITEM,2,13421
FITEM,2,13428
FITEM,2,13435
FITEM,2,13442
FITEM,2,-13443
FITEM,2,13456
FITEM,2,13463
FITEM,2,13470
FITEM,2,13477
FITEM,2,13484
FITEM,2,13491
FITEM,2,13498

FITEM,2,13505
FITEM,2,13512
FITEM,2,13519
FITEM,2,13526
FITEM,2,13533
FITEM,2,13540
FITEM,2,13547
FITEM,2,13554
FITEM,2,13561
FITEM,2,13568
FITEM,2,13575
FITEM,2,13582
FITEM,2,13589
FITEM,2,13596
FITEM,2,13603
FITEM,2,13610
FITEM,2,13617
FITEM,2,13624
FITEM,2,13631
FITEM,2,13638
FITEM,2,13645
FITEM,2,13652
FITEM,2,13659
FITEM,2,13666
FITEM,2,13673
FITEM,2,13680
FITEM,2,13687
FITEM,2,13694
FITEM,2,13701
FITEM,2,13708
FITEM,2,13715
FITEM,2,-13716
FITEM,2,13729
FITEM,2,13736
FITEM,2,13743
FITEM,2,13750
FITEM,2,13757
FITEM,2,13764
FITEM,2,13771
FITEM,2,13778
FITEM,2,13785
FITEM,2,13792
FITEM,2,13799
FITEM,2,13806
FITEM,2,13813
FITEM,2,13820
FITEM,2,13827
FITEM,2,13834
FITEM,2,13841
FITEM,2,13848
FITEM,2,13855
FITEM,2,13862
FITEM,2,13869
FITEM,2,13876
FITEM,2,13883
FITEM,2,13890
FITEM,2,13897
FITEM,2,13904
FITEM,2,13911
FITEM,2,13918
FITEM,2,13925
FITEM,2,13932
FITEM,2,13939
FITEM,2,13946
FITEM,2,13953
FITEM,2,13960
FITEM,2,13967
FITEM,2,13974
FITEM,2,13981
FITEM,2,13988
FITEM,2,-13989
FITEM,2,14002
FITEM,2,14009

FITEM,2,14016
FITEM,2,14023
FITEM,2,14030
FITEM,2,14037
FITEM,2,14044
FITEM,2,14051
FITEM,2,14058
FITEM,2,14065
FITEM,2,14072
FITEM,2,14079
FITEM,2,14086
FITEM,2,14093
FITEM,2,14100
FITEM,2,14107
FITEM,2,14114
FITEM,2,14121
FITEM,2,14128
FITEM,2,14135
FITEM,2,14142
FITEM,2,14149
FITEM,2,14156
FITEM,2,14163
FITEM,2,14170
FITEM,2,14177
FITEM,2,14184
FITEM,2,14191
FITEM,2,14198
FITEM,2,14205
FITEM,2,14212
FITEM,2,14219
FITEM,2,14226
FITEM,2,14233
FITEM,2,14240
FITEM,2,14247
FITEM,2,14254
FITEM,2,14261
FITEM,2,-14262
FITEM,2,14275
FITEM,2,14282
FITEM,2,14289
FITEM,2,14296
FITEM,2,14303
FITEM,2,14310
FITEM,2,14317
FITEM,2,14324
FITEM,2,14331
FITEM,2,14338
FITEM,2,14345
FITEM,2,14352
FITEM,2,14359
FITEM,2,14366
FITEM,2,14373
FITEM,2,14380
FITEM,2,14387
FITEM,2,14394
FITEM,2,14401
FITEM,2,14408
FITEM,2,14415
FITEM,2,14422
FITEM,2,14429
FITEM,2,14436
FITEM,2,14443
FITEM,2,14450
FITEM,2,14457
FITEM,2,14464
FITEM,2,14471
FITEM,2,14478
FITEM,2,14485
FITEM,2,14492
FITEM,2,14499
FITEM,2,14506
FITEM,2,14513
FITEM,2,14520

FITEM,2,14527
FITEM,2,14534
FITEM,2,-14535
FITEM,2,14548
FITEM,2,14555
FITEM,2,14562
FITEM,2,14569
FITEM,2,14576
FITEM,2,14583
FITEM,2,14590
FITEM,2,14597
FITEM,2,14604
FITEM,2,14611
FITEM,2,14618
FITEM,2,14625
FITEM,2,14632
FITEM,2,14639
FITEM,2,14646
FITEM,2,14653
FITEM,2,14660
FITEM,2,14667
FITEM,2,14674
FITEM,2,14681
FITEM,2,14688
FITEM,2,14695
FITEM,2,14702
FITEM,2,14709
FITEM,2,14716
FITEM,2,14723
FITEM,2,14730
FITEM,2,14737
FITEM,2,14744
FITEM,2,14751
FITEM,2,14758
FITEM,2,14765
FITEM,2,14772
FITEM,2,14779
FITEM,2,14786
FITEM,2,14793
FITEM,2,14800
FITEM,2,14807
FITEM,2,-14808
FITEM,2,14821
FITEM,2,14828
FITEM,2,14835
FITEM,2,14842
FITEM,2,14849
FITEM,2,14856
FITEM,2,14863
FITEM,2,14870
FITEM,2,14877
FITEM,2,14884
FITEM,2,14891
FITEM,2,14898
FITEM,2,14905
FITEM,2,14912
FITEM,2,14919
FITEM,2,14926
FITEM,2,14933
FITEM,2,14940
FITEM,2,14947
FITEM,2,14954
FITEM,2,14961
FITEM,2,14968
FITEM,2,14975
FITEM,2,14982
FITEM,2,14989
FITEM,2,14996
FITEM,2,15003
FITEM,2,15010
FITEM,2,15017
FITEM,2,15024
FITEM,2,15031

```
FITEM,2,15038
FITEM,2,15045
FITEM,2,15052
FITEM,2,15059
FITEM,2,15066
FITEM,2,15073
!*
/GO
D,P51X, , , , ,ALL, , , ,
! *****
! Codicao de simetria (vinculacao lateral) em x e z
! *****
FLST,2,1351,1,ORDE,112
FITEM,2,73
FITEM,2,-75
FITEM,2,100
FITEM,2,125
FITEM,2,150
FITEM,2,175
FITEM,2,200
FITEM,2,225
FITEM,2,250
FITEM,2,275
FITEM,2,300
FITEM,2,325
FITEM,2,350
FITEM,2,375
FITEM,2,400
FITEM,2,425
FITEM,2,474
FITEM,2,-475
FITEM,2,500
FITEM,2,525
FITEM,2,550
FITEM,2,575
FITEM,2,600
FITEM,2,625
FITEM,2,650
FITEM,2,675
FITEM,2,700
FITEM,2,725
FITEM,2,750
FITEM,2,775
FITEM,2,800
FITEM,2,825
FITEM,2,898
FITEM,2,-900
FITEM,2,925
FITEM,2,950
FITEM,2,975
FITEM,2,1000
FITEM,2,1025
FITEM,2,1050
FITEM,2,1075
FITEM,2,1100
FITEM,2,1125
FITEM,2,1150
FITEM,2,1175
FITEM,2,1200
FITEM,2,1225
FITEM,2,1250
FITEM,2,1299
FITEM,2,-1300
FITEM,2,1325
FITEM,2,1350
FITEM,2,1375
FITEM,2,1400
FITEM,2,1425
FITEM,2,1450
FITEM,2,1475
FITEM,2,1500
FITEM,2,1525
FITEM,2,1550
```

```

FITEM,2,1575
FITEM,2,1600
FITEM,2,1625
FITEM,2,1650
FITEM,2,1883
FITEM,2,-1884
FITEM,2,1897
FITEM,2,1910
FITEM,2,1923
FITEM,2,1936
FITEM,2,1949
FITEM,2,1962
FITEM,2,1975
FITEM,2,1988
FITEM,2,2001
FITEM,2,2014
FITEM,2,2027
FITEM,2,2040
FITEM,2,2053
FITEM,2,2066
FITEM,2,2299
FITEM,2,-2300
FITEM,2,2313
FITEM,2,2326
FITEM,2,2339
FITEM,2,2352
FITEM,2,2365
FITEM,2,2378
FITEM,2,2391
FITEM,2,2404
FITEM,2,2417
FITEM,2,2430
FITEM,2,2443
FITEM,2,2456
FITEM,2,2469
FITEM,2,2482
FITEM,2,3783
FITEM,2,-3834
FITEM,2,6885
FITEM,2,-7006
FITEM,2,10057
FITEM,2,-10178
FITEM,2,11479
FITEM,2,-11530
FITEM,2,17509
FITEM,2,-17627
FITEM,2,28453
FITEM,2,-28885
FITEM,2,31861
FITEM,2,-31979
FITEM,2,34788
FITEM,2,-35021
!*
/GO
D,P51X, , , , UX,UZ, , ,
! *****
! Condição para que todos os nós da superfície de aplicação da carga tenham o mesmo deslocamento
! *****
allsel,all
NSEL,S,LOC,Y,480-.001,480+.001
nplot
CP,1,UY,ALL
ALLSEL,ALL
! *****
! acoplamento dos nós da base do corpo de prova ( ponto y = 0)
! *****
! NSEL,S,LOC,Y,0-0.001,0+0.001
! nplot
! CP,1,UY,ALL
! ALLSEL,ALL
! *****
! Aplicação do carregamento estático no topo da peça de madeira (Valor total de 88 kN)
! *****

```

```

NSEL,S,LOC,y,480-.001,480+.001
F,ALL,Fy,-0.17 ! (F = 88 kN/507 nos = 0.17 kN/no)
ALLSEL,ALL
! *****
! Controle do passo de carga e do critério de convergência
! *****
CNVTOL,F, ,0.005,2, ,
CNVTOL,M, ,0.001,2, ,
!*
ANTYPE,0
NLGEOM,1
DELTIM,8,0.1,10
OUTRES,ERASE
OUTRES,NSOL,1
OUTRES,RSOL,1
OUTRES,ESOL,1
OUTRES,NLOA,1
OUTRES,STRS,1
OUTRES,EPEL,1
OUTRES,EPPL,1
OUTRES,EPCR,1
TIME,88
! *****
! Escolhe a opção modelo estrutural para rodar o modelo
! *****
/NOPR
/PMETH,OFF,0
KEYW,PR_SET,1
KEYW,PR_STRUC,1
KEYW,PR_THERM,0
KEYW,PR_FLUID,0
KEYW,PR_ELMAG,0
KEYW,MAGNOD,0
KEYW,MAGEDG,0
KEYW,MAGHFE,0
KEYW,MAGELC,0
KEYW,PR_MULTI,0
KEYW,PR_CFD,0
/GO
!*
/COM,
/COM,Preferences for GUI filtering have been set to display:
/COM, Structural
! *****
! Rodar o modelo
! *****
/SOLU
SOLVE
! *****

```

17 APÊNDICE E – SCRIPTS UTILIZADOS PARA O MODELO X.

Neste apêndice estão apresentados os scripts utilizados pelo TrueGrid e ANSYS, referentes ao modelo do corpo de prova de pinus com os conectores em “X”.

TrueGrid

```

C *****
c MODELO 02: CORPO DE PROVA MISTO COM CONECTORES EM "x"
C *****
c SCRIPT PARA DISCRETIZAÇÃO DA MALHA DOS ELEMENTOS
c PROGRAMA UTILIZADO: TRUEGRID - versão 2.10
c CONSTRUÇÃO DE 1/2 ESTRUTURA
c Dimensões em (cm)
C *****
c PARÂMETROS AUXILIARES:
C *****
c Material 1: Aço
c Material 2: Madeira parte 1
c Material 3: Madeira parte 2
C *****
c Gera cilindro maciço 1:
C *****

```

```

cylinder 1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25;
0 2.25 4.5;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5
270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100 102.25 106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 315 ry 90 v 29.28 169.28 40;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 1
c *****
endpart
c *****
c Gera cilindro maciço 2:
c *****
cylinder 1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25;
0 2.25 4.5;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5 270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100 102.25 106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
c *****
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 45 ry 90 v 29.28 310.6 80;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 1
c *****
endpart
c *****
C Para cima somente o Material ACO (1)
c *****

c *****
c Gera cilindro maciço 1:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5
270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;;

```

```

c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 315 ry 90 v 29.28 169.28 40;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c *****
c Gera bloco 1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;11 15;
dei ;;25 29;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 33.52 165.03 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;1 25;
dei ;;29 39;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 33.52 165.03 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c *****
c Gera cilindro maciço 2:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5 270 292.5 315 337.5 360;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94 97.75 100;

```

```

c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 45 ry 90 v 29.28 310.6 80;
grip 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 9.4 18.8 28.2 37.6 47 56.4 65.8 75.2 84.6 94;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;25 29;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 315 v 25.04 306.45 0;
grip 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5

```

```

c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
c sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 2; 1 8; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 2; 1 8; 1 39; = CT_MC_01;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
gref 1;
c *****
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
c sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 2; 1 8; 1 39; 1 m;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 2; 1 8; 1 39; = CT_CM_02;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;

```



```

73.41 86.7;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5

```

```

c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
131.42 135.75 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
131.42 135.75 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2

```

```

c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
4.3 14.75;
131.42 135.75 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 14.74 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 4 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3;
131.42 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 0 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2 218.2;

```

```

0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -140 340 0;
gref 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -140 340 0;
gref 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75

```

```

40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -140 340 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
140 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -140 340 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
140 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2

```

```

74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -140 340 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
140 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -140 340 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
-1.52 4.75;
130 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86

```

```

89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan -1.52 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 90 v -130 330 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -140 140 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;

```

```

c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -140 140 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:

```



```

sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -140 140 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0

```

```

c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
140 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -140 140 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
131.42 135.75 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:

```

```

sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
grip 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
140 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -140 140 120;
grip 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
131.42 135.75 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5

```

```

c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
grep 1;
c *****
c Defina material:
mate 2
c *****
endpart
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
140 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -140 140 120;
grep 1;
c *****
c Defina material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
4.3 14.75;
131.42 135.75 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 4.3 0 0 1 0 0

```

```

c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 14.74 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
gcp 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
-1.52 4.75;
130 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan -1.52 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 rz 90 v -130 150 120;
gcp 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 7 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3;
131.42 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 0 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:

```

```

sd 7 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2; 1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 0 v 0 480 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
C Gera bloco 2 PONTA:
c *****
block 1 2 3 4;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
12 20.84 34.13 47.42;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 0 131.5 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA:
c *****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
6 12;
0 3.75 6 8.25 ;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 50 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4; 1 39; sd 50
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 51 plan 12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -4; 1 39; sd 51
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 0 131.5 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA:
c *****
block 1 2; 1 2; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;

```

```

0 6;
0 3.75; 0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 52 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 52
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 53 plan 6 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 53
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 0 131.5 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA:
c *****
block 1 2 3 4;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
12 20.84 34.13 47.42;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****????????????????????????????????????????
gct 1 rx 180 rz 315 v 0 348.43 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA:
c *****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
6 12;
0 3.75 6 8.25 ;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 50 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4; 1 39; sd 50
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 51 plan 12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -4; 1 39; sd 51
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 rz 315 v 0 348.7 120;

```

```

grep 1;;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA:
c *****
block 1 2; 1 2; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
0 6;
0 3.75; 0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 52 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 52
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 53 plan 6 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 53
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 rz 315 v 0 348.7 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c Gera bloco inferior lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3 9.6 14.7 24 33.3 40.1 46.9 53.5 60.3 66.8 73.2 80 86.3 93.15 100;
0 81.42;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 8.31;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 0 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco inferior lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3 9.6 14.7 24 33.3 40.1 46.9 53.5 60.3 66.8 73.2 80 86.3 93.15 100;
81.42 131.42;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 5.11;
c Transporte do bloco para cima da conexão:

```



```

c *****
gct 1 v 0 0 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
c sid 1 dummy;
c *****
c Selecciona os nós contato da peça de madeira:
sii 16; 1 2; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 16; 1 2; 1 39; = CT_MC_04;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c *****
c *****
c Gera bloco 3 Superior lado esquerdo:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3 9.6 14.7 24 33.3 40.1 46.9 53.5 60.3 66.8 73.2 80 86.3 93.15 100;
139.82 189.92;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 5;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 v 0 208.8 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 2
c *****
endpart
c *****
c *****
c Gera bloco 2 Superior lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3 9.6 14.7 24 33.3 40.1 46.9 53.5 60.3 66.8 73.2 80 86.3 93.15 100;
189.92 279.82;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 9;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 208.8 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 3 Superior lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;

```

```

1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3 9.6 14.7 24 33.3 40.1 46.9 53.5 60.3 66.8 73.2 80 86.3 93.15 100;
139.82 189.92;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 5;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 208.8 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c Gera cilindro maciço 1:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5
270 292.5 315 337.5 360;
100 102.25 106 115.4 124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8
181.2 190.6 200;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 315 ry 90 v 29.28 169.28 40;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c Gera bloco 1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
100 102.25 106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****

```

```

dei ;;11 15;
dei ;;25 29;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 33.52 165.03 0;
gprep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;1 25;
dei ;;29 39;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 45 v 33.52 165.03 0;
gprep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c Gera cilindro maciço 2:
c *****
cylinder 1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13;
0 2.25 4.5 6;
0 22.5 45 67.5 90 112.5 135 157.5 180 202.5 225 247.5 270 292.5 315 337.5 360;
100 102.25 106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
c *****
c Gera superfícies planas:
sd 1 plan 6 0 0 1 0 0
sd 2 plan 0 6 0 0 1 0
sd 3 plan -6 0 0 1 0 0
sd 4 plan 0 -6 0 0 1 0
c *****
c Projeta a malha do cilindro nas superfícies planas:
sfi -4; 1 3;; sd 1
sfi -4; 3 5;; sd 2
sfi -4; 5 7;; sd 2
sfi -4; 7 9;; sd 3
sfi -4; 9 11;; sd 3
sfi -4; 11 13;; sd 4
sfi -4; 13 15;; sd 4
sfi -4; 15 17;; sd 1
c Apaga o furo central da peça (0<r<0.40):
dei 1 3;;;
c *****
c Transporte do furo inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 45 ry 90 v 29.28 310.6 80;
gprep 1;
c *****
c *****
c Define material:

```

```

mate 3
c *****
endpart
c *****
c Gera bloco 1 LADO PINO:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
106 115.4
124.8 134.2 143.6 153 162.4 171.8 181.2 190.6 200;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
dei ;;25 29;
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rz 315 v 25.08 306.4 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c *****
C Para cima esta os dois pinos explodidos e seus planos consecutivos
c *****
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
grep 1;
c *****
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 2; 1 8; 1 39; 1 m;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):

```

```

nseti 2; 1 8; 1 39; = CT_CM_01;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
grep 1;
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****
c sid 1 dummy;
c *****
c Selecciona os nós contato da peça de madeira:
sii 2; 1 8; 1 39; 1 s;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 2; 1 8; 1 39; = CT_MC_02;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:

```

```

sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6

```

```

c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
131.42 135.75 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
131.42 135.75 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:

```

```

sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
gref 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
4.3 14.75;
131.42 135.75 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 14.74 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
gref 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 5 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3;
131.42 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 0 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:

```



```

sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
gref 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 340 340 120;
gref 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7

```

```

c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
gprep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 340 340 120;
gprep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****

```

```

c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 340 340 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
131.42 135.75 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:

```

```

c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
140 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 340 340 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
131.42 135.75 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****

```

```

gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
140 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 340 340 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
131.42 135.75 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;

```

```

grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
140 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 340 340 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
4.3 14.75;
131.42 135.75 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 14.74 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
grep 1;

```

```

c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3;
131.42 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 0 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.3 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 v 200 480 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 6.2 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
-1.52 4.75;
130 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan -1.52 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 180 rz 90 v 330 330 120;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3

```

```

c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
86.7 100;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -8;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 8;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 100 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 8;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 340 140 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6 7;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
73.41 86.7;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91 218.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -7;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 7;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 86.7 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 7;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 340 140 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****

```



```

endpart
c *****
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5 6;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
60.12 73.41;
140 146.2 165.04 178.33 191.62 204.91;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -6;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 6;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 73.41 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 6;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 340 140 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo:*****
block 1 2;
1 2 3 4 5;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
46.83 60.12;
140 146.2 165.04 178.33 191.62;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -5;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 5;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 60.12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 5;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 340 140 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart

```

```

c *****
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3 4;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
33.54 46.83;
140 146.2 165.04 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 4;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 46.83 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 4;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 340 140 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo.*****
block 1 2;
1 2 3;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
14.75 33.54;
140 146.2 165.04;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq i 1;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan 14.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 3;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 33.54 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 3;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 340 140 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera Bloco 8.1 inclinado triangulo.*****

```

```

block 1 2;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
-1.52 4.75;
130 146.2;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 5 plan 0 131.52 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2;1 39; sd 5
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 6 plan -1.52 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -1; 1 2;1 39; sd 6
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 7 plan 4.75 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi -2; 1 2;1 39; sd 7
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 0 ry 0 rz 90 v 330 150 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c *****
C Para cima esta os blocos triangulares do lado esquerdo
c *****
c *****
C Gera bloco 2 PONTA SUPERIR:
c *****
block 1 2; 1 2 3 4; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
6 12; 0 3.75 6 8.25 ;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 50 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -4; 1 39; sd 50
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 51 plan 12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -4;1 39; sd 51
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 45 v 200.17 348.47 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA SUPERIOR:
c *****
block 1 2 3 4; 1 2 3 4 5; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
0 9.1 22.4 35.695;
0 3.75 6 8.25 12;

```

```

0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 315 v 200.17 148.3 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA SUPERIR:
c *****
block 1 2; 1 2 3; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
6 12;
0 6 8.25;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 50 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -3; 1 39; sd 50
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 51 plan 12 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -3; 1 39; sd 51
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 45 v 200.17 148.3 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA SUPERIROR:
c *****
block 1 2; 1 2; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
0 6; 0 3.75;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 52 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 52
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 53 plan 6 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 53
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 45 v 200.17 148.2 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Gera bloco 2 PONTA SUPERIOR:

```

```

c *****
block 1 2 3 4; 1 2 3 4 5; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
0 9.1 21.9 35.695;
0 3.75 6 8.25 12;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 45 v 191.77 340.17 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
c *****
C Gera bloco 2 PONTA SUPERIOR:
c *****
block 1 2; 1 2; 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39;
0 6; 0 3.75;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
c *****
c Gera superfície para projeção do ângulo de 45 graus:
sd 52 plan 0 0 0 -141.42 141.42 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 45 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 52
c Gera superfície para projeção do ângulo de 90 graus:
sd 53 plan 6 0 0 1 0 0
c Projeta a malha do bloco na superfície de 90 graus:
sfi 1 2; -2; 1 39; sd 53
c Transporte do bloco inclinado para o local da conexão:
c *****
gct 1 rx 180 ry 180 rz 45 v 200.17 348.47 0;
grep 1;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c *****
C Para cima estao as PONTAS DOS PINOS
c *****
c Gera bloco inferior lado direito:
c *****
block 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16;
1 2;
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
38 39;
0 4.3 9.6 14.7 24 33.3 40.1 46.9 53.5 60.3 66.8 73.2 80 86.3 93.15 100;
81.42 131.42;
0 3.4 6.8 10.2 13.6 17 20.4 23.8 27.2 30.6 34 37.75
40 42.25 46 48.8 51.6 54.4 57.2 60 62.8 65.6 68.4 71.2
74 77.75 80 82.25 86
89.4 92.8 96.2 99.6 103 106.4 109.8 113.2 116.6 120;
mseq j 5.11;
c Transporte do bloco para cima da conexão:
c *****
gct 1 ry 180 v 200 0 120;
grep 1;
c *****
c *****
c Parâmetros para a região de contato na interface:
c *****

```

```

sid 1 dummy;
c *****
c Seleciona os nós contato da peça de madeira:
sii 16; 1 2; 1 39; 1 m;
c Cria componente com os nós de contato (dummy):
nseti 16; 1 2; 1 39; = CT_CM_04;
c *****
c Define material:
mate 3
c *****
endpart
c Merge
c *****
merge
stp 0.099
c *****
c Escreve para Ansys
c *****
ansys
write
c *****

```

ANSYS

```

FINISH
/CLEAR
! *****
! MODELO 02: CORPO DE PROVA MISTO COM CONECTORES EM "X"
! *****
! SCRIPT PARA CALIBRAÇÃO DO MODELO
! ENSAIO ESTÁTICO DO CORPO DE PROVA
! PROGRAMA UTILIZADO: ANSYS - VERSÃO 10.0
! SIMULAÇÃO DE 1/2 DA ESTRUTURA
! MALHA GERADA NO TRUE GRID - VERSÃO 2.10
! *****
! Dimensões em (mm)
! Forças aplicadas em (KN)
! *****
! Parâmetros auxiliares:
! Material 1: Aço do conector (solid 45) isotrópico
! Material 2: Madeira (solid 45) - ortotrópico (esquerda)
! Material 3: Madeira (solid 45) - ortotrópico (direito)
! *****
! Critérios de resistência para os materiais:
! *****
! Madeira: von Misses (tração e compressão);
! Aço do conector: von Misses (tração e compressão);
! *****
! OPÇÕES GERAIS
! *****
ALLSEL,ALL
/PNUM,MAT,1
/NUMBER,1
/REPLOT
! *****
! Pré-Processamento da estrutura:
! *****
/CONFIG,NPROC,2 !PARA USAR OS 2 PROCESSADORES
! *****
! Dados para consideração de elementos de contato:
! *****
fkn = 1.0          ! rigidez normal
ftoln = 0.1        ! Tolerancia de penetração
! *****
! Valores dos coeficientes de atrito em cada par de contato:
! *****
nratrto1 = 0.01 ! coeficiente de atrito entre a madeira e a madeira
! *****
! Dados de entrada para o aço do conector:
! *****
/PREP7
! *****
! Propriedades físicas do aço (kN/mm^2) - material 1
! *****

```

```

ET,1,SOLID45
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,210
MPDAT
! *****
! Curva Tensão x Deformação para o aço do conector (kN/mm/2)
! *****
TB,BISO,1,1,2,
TB,BISO,1,1,2,
TBDE,MELA,1
TB,BISO,1,1,2,
TBTEMP,0
TBDATA,,0.50,3.80,,,,
! *****
! Densidade para o aço do conector:
! *****
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDE,DENS,1
MPDATA,DENS,1,,0.000785
! *****
! Atribuindo a real constante n.1 o aço:
! *****
R,1,,,,,
RMORE,,,,,
RMORE,,
TYPE, 1
MAT, 1
! *****
! Dados de entrada para a madeira:
! *****
! Propriedades elásticas da madeira: (E=24.6 kN/mm^2)
! *****
ET,2,SOLID45
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,2,,24.6
MPDATA,PRXY,2,,0.2
! *****
! Densidade da madeira:
! *****
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,DENS,2,,0.5E-005
! *****
! Construção da curva de ruptura do material 1 (critério de von Mises -isotrópico)
! *****????????? verificar o grafico
TB,MELA,2,1,3,
TBTEMP,0
TBPT,,0,0
TBPT,,0.001442,0.035486
TBPT,,0.002884,0.0355
! *****
! Atribuindo a real constante n.2 a madeira:
! *****
R,2,,,,,
RMORE,,,,,
RMORE,,
TYPE, 2
MAT, 2
! *****
! Propriedades elásticas da madeira: (E=24.6 kN/mm^2)
! *****
ET,3,SOLID45
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,3,,24.6
MPDATA,PRXY,3,,0.2
! *****
! Densidade da madeira:
! *****
MPTEMP,,,,,,,,

```

```

MPTEMP,1,0
MPDATA,DENS,3,,0.5E-005
! *****
! Construção da curva de ruptura do material 1 (critério de von Mises -isotrópico)
! *****
TB,MELA,3,1,3,
TBTEMP,0
TBPT,,0,0
TBPT,,0.003505,0.051383
TBPT,,0.006505,0.0514
! *****
! Atribuindo a real constante n.3 a madeira:
! *****
R,3,,,,,
RMORE,,,,,
RMORE,,
TYPE, 3
MAT, 3
! *****
! Criação dos Elementos de contato
ET,4,TARGE170
ET,5,CONTA174
! *****
! CONSTANTES REAIS:
R,7,,,fkn,ftoln,,
! *****
! Contato entre os materiais:
! *****
MPTEMP,1,0
MPDATA,MU,6,,natrito1
! *****
! Entrar com o arquivo malha.INP (nomeado no True Grid como: "script - TRUEGRID1")
/INPUT,'MODELO2',inp,'C:\Users\Carlito\Desktop\', 0
! *****
! Criação de cada par de contato entre os materiais:
! *****
ALLSEL,ALL
MAT,6
! *****
! Par de contato - Interface entre a madeira e o concreto:
! *****
! CONTATO:
CMSEL,S,CT_MC_01                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                          ! ELEMENT TYPE
REAL,9                          ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                    ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_01                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                          ! ELEMENT TYPE
REAL,9                          ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                    ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_02                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                          ! ELEMENT TYPE
REAL,9                          ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                    ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_02                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                          ! ELEMENT TYPE
REAL,9                          ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                    ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_03                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,5                          ! ELEMENT TYPE
REAL,9                          ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                    ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_03                ! SELECIONANDO NÓS
TYPE,4                          ! ELEMENT TYPE
REAL,9                          ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                    ! Gerando malha

CMSEL,S,CT_MC_04                ! SELECIONANDO NÓS

```



```

TYPE,5                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha
! ALVO:
CMSEL,S,CT_CM_04                       ! SELECIONANDO NÓ
TYPE,4                                ! ELEMENT TYPE
REAL,9                                ! REAL CONSTANTE ID
ESURF,,TOP,                            ! Gerando malha

```

```
!definir merge no volume para que os elementos tenham seus nós unidos
```

```
! *****
```

```
ALLSEL,ALL
```

```
NSEL,ALL
```

```
NUMMRG,NODE, , , low
```

```
! *****
```

```
! Vinculacao do lateral esquerda bloco azul
```

```
! *****
```

```
FINISH
```

```
/SOL
```

```
FLST,2,2301,1,ORDE,1293
```

```
FITEM,2,17301
```

```
FITEM,2,-17378
```

```
FITEM,2,20148
```

```
FITEM,2,-20149
```

```
FITEM,2,20152
```

```
FITEM,2,-20153
```

```
FITEM,2,20156
```

```
FITEM,2,-20157
```

```
FITEM,2,20160
```

```
FITEM,2,20162
```

```
FITEM,2,20164
```

```
FITEM,2,20166
```

```
FITEM,2,20168
```

```
FITEM,2,20170
```

```
FITEM,2,20172
```

```
FITEM,2,20174
```

```
FITEM,2,20176
```

```
FITEM,2,20178
```

```
FITEM,2,20180
```

```
FITEM,2,20182
```

```
FITEM,2,20184
```

```
FITEM,2,20186
```

```
FITEM,2,20188
```

```
FITEM,2,20190
```

```
FITEM,2,20192
```

```
FITEM,2,20194
```

```
FITEM,2,20196
```

```
FITEM,2,20198
```

```
FITEM,2,20200
```

```
FITEM,2,20202
```

```
FITEM,2,20204
```

```
FITEM,2,20206
```

```
FITEM,2,20208
```

```
FITEM,2,20210
```

```
FITEM,2,20212
```

```
FITEM,2,20214
```

```
FITEM,2,20216
```

```
FITEM,2,20218
```

```
FITEM,2,20220
```

```
FITEM,2,20222
```

```
FITEM,2,20224
```

```
FITEM,2,20226
```

```
FITEM,2,20228
```

```
FITEM,2,20230
```

```
FITEM,2,20232
```

```
FITEM,2,20234
```

```
FITEM,2,20236
```

```
FITEM,2,20238
```

```
FITEM,2,20240
```

```
FITEM,2,20242
```

```
FITEM,2,20244
```

```
FITEM,2,20246
```

```
FITEM,2,20248
```

FITEM,2,20250
FITEM,2,20252
FITEM,2,20254
FITEM,2,20256
FITEM,2,20258
FITEM,2,20260
FITEM,2,20262
FITEM,2,20264
FITEM,2,20266
FITEM,2,20268
FITEM,2,20270
FITEM,2,20272
FITEM,2,20274
FITEM,2,20276
FITEM,2,20278
FITEM,2,20280
FITEM,2,20282
FITEM,2,20284
FITEM,2,20286
FITEM,2,20288
FITEM,2,20290
FITEM,2,20292
FITEM,2,20294
FITEM,2,20296
FITEM,2,20298
FITEM,2,20300
FITEM,2,20302
FITEM,2,20304
FITEM,2,20306
FITEM,2,20308
FITEM,2,20310
FITEM,2,20312
FITEM,2,20314
FITEM,2,20316
FITEM,2,20318
FITEM,2,20320
FITEM,2,20322
FITEM,2,20324
FITEM,2,20326
FITEM,2,20328
FITEM,2,20330
FITEM,2,20332
FITEM,2,20334
FITEM,2,20336
FITEM,2,20338
FITEM,2,20340
FITEM,2,20342
FITEM,2,20344
FITEM,2,20346
FITEM,2,20348
FITEM,2,20350
FITEM,2,20352
FITEM,2,20354
FITEM,2,20356
FITEM,2,20358
FITEM,2,20360
FITEM,2,20362
FITEM,2,20364
FITEM,2,20366
FITEM,2,20368
FITEM,2,20370
FITEM,2,20372
FITEM,2,20374
FITEM,2,20376
FITEM,2,20378
FITEM,2,20380
FITEM,2,22644
FITEM,2,-22645
FITEM,2,22648
FITEM,2,-22649
FITEM,2,22652
FITEM,2,22654
FITEM,2,22656

FITEM,2,22658
FITEM,2,22660
FITEM,2,22662
FITEM,2,22664
FITEM,2,22666
FITEM,2,22668
FITEM,2,22670
FITEM,2,22672
FITEM,2,22674
FITEM,2,22676
FITEM,2,22678
FITEM,2,22680
FITEM,2,22682
FITEM,2,22684
FITEM,2,22686
FITEM,2,22688
FITEM,2,22690
FITEM,2,22692
FITEM,2,22694
FITEM,2,22696
FITEM,2,22698
FITEM,2,22700
FITEM,2,22702
FITEM,2,22704
FITEM,2,22706
FITEM,2,22708
FITEM,2,22710
FITEM,2,22712
FITEM,2,22714
FITEM,2,22716
FITEM,2,22718
FITEM,2,22720
FITEM,2,22722
FITEM,2,22724
FITEM,2,22726
FITEM,2,22728
FITEM,2,22730
FITEM,2,22732
FITEM,2,22734
FITEM,2,22736
FITEM,2,22738
FITEM,2,22740
FITEM,2,22742
FITEM,2,22744
FITEM,2,22746
FITEM,2,22748
FITEM,2,22750
FITEM,2,22752
FITEM,2,22754
FITEM,2,22756
FITEM,2,22758
FITEM,2,22760
FITEM,2,22762
FITEM,2,22764
FITEM,2,22766
FITEM,2,22768
FITEM,2,22770
FITEM,2,22772
FITEM,2,22774
FITEM,2,22776
FITEM,2,22778
FITEM,2,22780
FITEM,2,22782
FITEM,2,22784
FITEM,2,22786
FITEM,2,22788
FITEM,2,22790
FITEM,2,22792
FITEM,2,22794
FITEM,2,22796
FITEM,2,22798
FITEM,2,24282
FITEM,2,-24283

FITEM,2,24286
FITEM,2,-24287
FITEM,2,24290
FITEM,2,24292
FITEM,2,24294
FITEM,2,24296
FITEM,2,24298
FITEM,2,24300
FITEM,2,24302
FITEM,2,24304
FITEM,2,24306
FITEM,2,24308
FITEM,2,24310
FITEM,2,24312
FITEM,2,24314
FITEM,2,24316
FITEM,2,24318
FITEM,2,24320
FITEM,2,24322
FITEM,2,24324
FITEM,2,24326
FITEM,2,24328
FITEM,2,24330
FITEM,2,24332
FITEM,2,24334
FITEM,2,24336
FITEM,2,24338
FITEM,2,24340
FITEM,2,24342
FITEM,2,24344
FITEM,2,24346
FITEM,2,24348
FITEM,2,24350
FITEM,2,24352
FITEM,2,24354
FITEM,2,24356
FITEM,2,24358
FITEM,2,24360
FITEM,2,24362
FITEM,2,24364
FITEM,2,24366
FITEM,2,24368
FITEM,2,24370
FITEM,2,24372
FITEM,2,24374
FITEM,2,24376
FITEM,2,24378
FITEM,2,24380
FITEM,2,24382
FITEM,2,24384
FITEM,2,24386
FITEM,2,24388
FITEM,2,24390
FITEM,2,24392
FITEM,2,24394
FITEM,2,24396
FITEM,2,24398
FITEM,2,24400
FITEM,2,24402
FITEM,2,24404
FITEM,2,24406
FITEM,2,24408
FITEM,2,24410
FITEM,2,24412
FITEM,2,24414
FITEM,2,24416
FITEM,2,24418
FITEM,2,24420
FITEM,2,24422
FITEM,2,24424
FITEM,2,24426
FITEM,2,24428
FITEM,2,24430

FITEM,2,24432
FITEM,2,24434
FITEM,2,24436
FITEM,2,25686
FITEM,2,-25687
FITEM,2,25690
FITEM,2,-25691
FITEM,2,25694
FITEM,2,25696
FITEM,2,25698
FITEM,2,25700
FITEM,2,25702
FITEM,2,25704
FITEM,2,25706
FITEM,2,25708
FITEM,2,25710
FITEM,2,25712
FITEM,2,25714
FITEM,2,25716
FITEM,2,25718
FITEM,2,25720
FITEM,2,25722
FITEM,2,25724
FITEM,2,25726
FITEM,2,25728
FITEM,2,25730
FITEM,2,25732
FITEM,2,25734
FITEM,2,25736
FITEM,2,25738
FITEM,2,25740
FITEM,2,25742
FITEM,2,25744
FITEM,2,25746
FITEM,2,25748
FITEM,2,25750
FITEM,2,25752
FITEM,2,25754
FITEM,2,25756
FITEM,2,25758
FITEM,2,25760
FITEM,2,25762
FITEM,2,25764
FITEM,2,25766
FITEM,2,25768
FITEM,2,25770
FITEM,2,25772
FITEM,2,25774
FITEM,2,25776
FITEM,2,25778
FITEM,2,25780
FITEM,2,25782
FITEM,2,25784
FITEM,2,25786
FITEM,2,25788
FITEM,2,25790
FITEM,2,25792
FITEM,2,25794
FITEM,2,25796
FITEM,2,25798
FITEM,2,25800
FITEM,2,25802
FITEM,2,25804
FITEM,2,25806
FITEM,2,25808
FITEM,2,25810
FITEM,2,25812
FITEM,2,25814
FITEM,2,25816
FITEM,2,25818
FITEM,2,25820
FITEM,2,25822
FITEM,2,25824

FITEM,2,25826
FITEM,2,25828
FITEM,2,25830
FITEM,2,25832
FITEM,2,25834
FITEM,2,25836
FITEM,2,25838
FITEM,2,25840
FITEM,2,26856
FITEM,2,-26857
FITEM,2,26860
FITEM,2,-26861
FITEM,2,26864
FITEM,2,26866
FITEM,2,26868
FITEM,2,26870
FITEM,2,26872
FITEM,2,26874
FITEM,2,26876
FITEM,2,26878
FITEM,2,26880
FITEM,2,26882
FITEM,2,26884
FITEM,2,26886
FITEM,2,26888
FITEM,2,26890
FITEM,2,26892
FITEM,2,26894
FITEM,2,26896
FITEM,2,26898
FITEM,2,26900
FITEM,2,26902
FITEM,2,26904
FITEM,2,26906
FITEM,2,26908
FITEM,2,26910
FITEM,2,26912
FITEM,2,26914
FITEM,2,26916
FITEM,2,26918
FITEM,2,26920
FITEM,2,26922
FITEM,2,26924
FITEM,2,26926
FITEM,2,26928
FITEM,2,26930
FITEM,2,26932
FITEM,2,26934
FITEM,2,26936
FITEM,2,26938
FITEM,2,26940
FITEM,2,26942
FITEM,2,26944
FITEM,2,26946
FITEM,2,26948
FITEM,2,26950
FITEM,2,26952
FITEM,2,26954
FITEM,2,26956
FITEM,2,26958
FITEM,2,26960
FITEM,2,26962
FITEM,2,26964
FITEM,2,26966
FITEM,2,26968
FITEM,2,26970
FITEM,2,26972
FITEM,2,26974
FITEM,2,26976
FITEM,2,26978
FITEM,2,26980
FITEM,2,26982
FITEM,2,26984

FITEM,2,26986
FITEM,2,26988
FITEM,2,26990
FITEM,2,26992
FITEM,2,26994
FITEM,2,26996
FITEM,2,26998
FITEM,2,27000
FITEM,2,27002
FITEM,2,27004
FITEM,2,27006
FITEM,2,27008
FITEM,2,27010
FITEM,2,27792
FITEM,2,-27793
FITEM,2,27796
FITEM,2,-27797
FITEM,2,27800
FITEM,2,27802
FITEM,2,27804
FITEM,2,27806
FITEM,2,27808
FITEM,2,27810
FITEM,2,27812
FITEM,2,27814
FITEM,2,27816
FITEM,2,27818
FITEM,2,27820
FITEM,2,27822
FITEM,2,27824
FITEM,2,27826
FITEM,2,27828
FITEM,2,27830
FITEM,2,27832
FITEM,2,27834
FITEM,2,27836
FITEM,2,27838
FITEM,2,27840
FITEM,2,27842
FITEM,2,27844
FITEM,2,27846
FITEM,2,27848
FITEM,2,27850
FITEM,2,27852
FITEM,2,27854
FITEM,2,27856
FITEM,2,27858
FITEM,2,27860
FITEM,2,27862
FITEM,2,27864
FITEM,2,27866
FITEM,2,27868
FITEM,2,27870
FITEM,2,27872
FITEM,2,27874
FITEM,2,27876
FITEM,2,27878
FITEM,2,27880
FITEM,2,27882
FITEM,2,27884
FITEM,2,27886
FITEM,2,27888
FITEM,2,27890
FITEM,2,27892
FITEM,2,27894
FITEM,2,27896
FITEM,2,27898
FITEM,2,27900
FITEM,2,27902
FITEM,2,27904
FITEM,2,27906
FITEM,2,27908
FITEM,2,27910

FITEM,2,27912
FITEM,2,27914
FITEM,2,27916
FITEM,2,27918
FITEM,2,27920
FITEM,2,27922
FITEM,2,27924
FITEM,2,27926
FITEM,2,27928
FITEM,2,27930
FITEM,2,27932
FITEM,2,27934
FITEM,2,27936
FITEM,2,27938
FITEM,2,27940
FITEM,2,27942
FITEM,2,27944
FITEM,2,27946
FITEM,2,28689
FITEM,2,-28727
FITEM,2,28767
FITEM,2,-28768
FITEM,2,28771
FITEM,2,-28772
FITEM,2,28775
FITEM,2,28777
FITEM,2,28779
FITEM,2,28781
FITEM,2,28783
FITEM,2,28785
FITEM,2,28787
FITEM,2,28789
FITEM,2,28791
FITEM,2,28793
FITEM,2,28795
FITEM,2,28797
FITEM,2,28799
FITEM,2,28801
FITEM,2,28803
FITEM,2,28805
FITEM,2,28807
FITEM,2,28809
FITEM,2,28811
FITEM,2,28813
FITEM,2,28815
FITEM,2,28817
FITEM,2,28819
FITEM,2,28821
FITEM,2,28823
FITEM,2,28825
FITEM,2,28827
FITEM,2,28829
FITEM,2,28831
FITEM,2,28833
FITEM,2,28835
FITEM,2,28837
FITEM,2,28839
FITEM,2,28841
FITEM,2,28843
FITEM,2,28845
FITEM,2,28847
FITEM,2,28849
FITEM,2,28851
FITEM,2,28853
FITEM,2,28855
FITEM,2,28857
FITEM,2,28859
FITEM,2,28861
FITEM,2,28863
FITEM,2,28865
FITEM,2,28867
FITEM,2,28869
FITEM,2,28871

FITEM,2,28873
FITEM,2,28875
FITEM,2,28877
FITEM,2,28879
FITEM,2,28881
FITEM,2,28883
FITEM,2,28885
FITEM,2,28887
FITEM,2,28889
FITEM,2,28891
FITEM,2,28893
FITEM,2,28895
FITEM,2,28897
FITEM,2,28899
FITEM,2,28901
FITEM,2,28903
FITEM,2,28905
FITEM,2,28907
FITEM,2,28909
FITEM,2,28911
FITEM,2,28913
FITEM,2,28915
FITEM,2,28917
FITEM,2,28919
FITEM,2,28921
FITEM,2,30639
FITEM,2,-30640
FITEM,2,30643
FITEM,2,-30644
FITEM,2,30647
FITEM,2,30649
FITEM,2,30651
FITEM,2,30653
FITEM,2,30655
FITEM,2,30657
FITEM,2,30659
FITEM,2,30661
FITEM,2,30663
FITEM,2,30665
FITEM,2,30667
FITEM,2,30669
FITEM,2,30671
FITEM,2,30673
FITEM,2,30675
FITEM,2,30677
FITEM,2,30679
FITEM,2,30681
FITEM,2,30683
FITEM,2,30685
FITEM,2,30687
FITEM,2,30689
FITEM,2,30691
FITEM,2,30693
FITEM,2,30695
FITEM,2,30697
FITEM,2,30699
FITEM,2,30701
FITEM,2,30703
FITEM,2,30705
FITEM,2,30707
FITEM,2,30709
FITEM,2,30711
FITEM,2,30713
FITEM,2,30715
FITEM,2,30717
FITEM,2,30719
FITEM,2,30721
FITEM,2,30723
FITEM,2,30725
FITEM,2,30727
FITEM,2,30729
FITEM,2,30731
FITEM,2,30733

FITEM,2,30735
FITEM,2,30737
FITEM,2,30739
FITEM,2,30741
FITEM,2,30743
FITEM,2,30745
FITEM,2,30747
FITEM,2,30749
FITEM,2,30751
FITEM,2,30753
FITEM,2,30755
FITEM,2,30757
FITEM,2,30759
FITEM,2,30761
FITEM,2,30763
FITEM,2,30765
FITEM,2,30767
FITEM,2,30769
FITEM,2,30771
FITEM,2,30773
FITEM,2,30775
FITEM,2,30777
FITEM,2,30779
FITEM,2,30781
FITEM,2,30783
FITEM,2,30785
FITEM,2,30787
FITEM,2,30789
FITEM,2,30791
FITEM,2,30793
FITEM,2,32277
FITEM,2,-32278
FITEM,2,32281
FITEM,2,-32282
FITEM,2,32285
FITEM,2,32287
FITEM,2,32289
FITEM,2,32291
FITEM,2,32293
FITEM,2,32295
FITEM,2,32297
FITEM,2,32299
FITEM,2,32301
FITEM,2,32303
FITEM,2,32305
FITEM,2,32307
FITEM,2,32309
FITEM,2,32311
FITEM,2,32313
FITEM,2,32315
FITEM,2,32317
FITEM,2,32319
FITEM,2,32321
FITEM,2,32323
FITEM,2,32325
FITEM,2,32327
FITEM,2,32329
FITEM,2,32331
FITEM,2,32333
FITEM,2,32335
FITEM,2,32337
FITEM,2,32339
FITEM,2,32341
FITEM,2,32343
FITEM,2,32345
FITEM,2,32347
FITEM,2,32349
FITEM,2,32351
FITEM,2,32353
FITEM,2,32355
FITEM,2,32357
FITEM,2,32359
FITEM,2,32361

FITEM,2,32363
FITEM,2,32365
FITEM,2,32367
FITEM,2,32369
FITEM,2,32371
FITEM,2,32373
FITEM,2,32375
FITEM,2,32377
FITEM,2,32379
FITEM,2,32381
FITEM,2,32383
FITEM,2,32385
FITEM,2,32387
FITEM,2,32389
FITEM,2,32391
FITEM,2,32393
FITEM,2,32395
FITEM,2,32397
FITEM,2,32399
FITEM,2,32401
FITEM,2,32403
FITEM,2,32405
FITEM,2,32407
FITEM,2,32409
FITEM,2,32411
FITEM,2,32413
FITEM,2,32415
FITEM,2,32417
FITEM,2,32419
FITEM,2,32421
FITEM,2,32423
FITEM,2,32425
FITEM,2,32427
FITEM,2,32429
FITEM,2,32431
FITEM,2,33681
FITEM,2,-33682
FITEM,2,33685
FITEM,2,-33686
FITEM,2,33689
FITEM,2,33691
FITEM,2,33693
FITEM,2,33695
FITEM,2,33697
FITEM,2,33699
FITEM,2,33701
FITEM,2,33703
FITEM,2,33705
FITEM,2,33707
FITEM,2,33709
FITEM,2,33711
FITEM,2,33713
FITEM,2,33715
FITEM,2,33717
FITEM,2,33719
FITEM,2,33721
FITEM,2,33723
FITEM,2,33725
FITEM,2,33727
FITEM,2,33729
FITEM,2,33731
FITEM,2,33733
FITEM,2,33735
FITEM,2,33737
FITEM,2,33739
FITEM,2,33741
FITEM,2,33743
FITEM,2,33745
FITEM,2,33747
FITEM,2,33749
FITEM,2,33751
FITEM,2,33753
FITEM,2,33755

FITEM,2,33757
FITEM,2,33759
FITEM,2,33761
FITEM,2,33763
FITEM,2,33765
FITEM,2,33767
FITEM,2,33769
FITEM,2,33771
FITEM,2,33773
FITEM,2,33775
FITEM,2,33777
FITEM,2,33779
FITEM,2,33781
FITEM,2,33783
FITEM,2,33785
FITEM,2,33787
FITEM,2,33789
FITEM,2,33791
FITEM,2,33793
FITEM,2,33795
FITEM,2,33797
FITEM,2,33799
FITEM,2,33801
FITEM,2,33803
FITEM,2,33805
FITEM,2,33807
FITEM,2,33809
FITEM,2,33811
FITEM,2,33813
FITEM,2,33815
FITEM,2,33817
FITEM,2,33819
FITEM,2,33821
FITEM,2,33823
FITEM,2,33825
FITEM,2,33827
FITEM,2,33829
FITEM,2,33831
FITEM,2,33833
FITEM,2,33835
FITEM,2,34851
FITEM,2,-34852
FITEM,2,34855
FITEM,2,-34856
FITEM,2,34859
FITEM,2,34861
FITEM,2,34863
FITEM,2,34865
FITEM,2,34867
FITEM,2,34869
FITEM,2,34871
FITEM,2,34873
FITEM,2,34875
FITEM,2,34877
FITEM,2,34879
FITEM,2,34881
FITEM,2,34883
FITEM,2,34885
FITEM,2,34887
FITEM,2,34889
FITEM,2,34891
FITEM,2,34893
FITEM,2,34895
FITEM,2,34897
FITEM,2,34899
FITEM,2,34901
FITEM,2,34903
FITEM,2,34905
FITEM,2,34907
FITEM,2,34909
FITEM,2,34911
FITEM,2,34913
FITEM,2,34915

FITEM,2,34917
FITEM,2,34919
FITEM,2,34921
FITEM,2,34923
FITEM,2,34925
FITEM,2,34927
FITEM,2,34929
FITEM,2,34931
FITEM,2,34933
FITEM,2,34935
FITEM,2,34937
FITEM,2,34939
FITEM,2,34941
FITEM,2,34943
FITEM,2,34945
FITEM,2,34947
FITEM,2,34949
FITEM,2,34951
FITEM,2,34953
FITEM,2,34955
FITEM,2,34957
FITEM,2,34959
FITEM,2,34961
FITEM,2,34963
FITEM,2,34965
FITEM,2,34967
FITEM,2,34969
FITEM,2,34971
FITEM,2,34973
FITEM,2,34975
FITEM,2,34977
FITEM,2,34979
FITEM,2,34981
FITEM,2,34983
FITEM,2,34985
FITEM,2,34987
FITEM,2,34989
FITEM,2,34991
FITEM,2,34993
FITEM,2,34995
FITEM,2,34997
FITEM,2,34999
FITEM,2,35001
FITEM,2,35003
FITEM,2,35005
FITEM,2,35787
FITEM,2,-35788
FITEM,2,35791
FITEM,2,-35792
FITEM,2,35795
FITEM,2,35797
FITEM,2,35799
FITEM,2,35801
FITEM,2,35803
FITEM,2,35805
FITEM,2,35807
FITEM,2,35809
FITEM,2,35811
FITEM,2,35813
FITEM,2,35815
FITEM,2,35817
FITEM,2,35819
FITEM,2,35821
FITEM,2,35823
FITEM,2,35825
FITEM,2,35827
FITEM,2,35829
FITEM,2,35831
FITEM,2,35833
FITEM,2,35835
FITEM,2,35837
FITEM,2,35839
FITEM,2,35841

FITEM,2,35843
FITEM,2,35845
FITEM,2,35847
FITEM,2,35849
FITEM,2,35851
FITEM,2,35853
FITEM,2,35855
FITEM,2,35857
FITEM,2,35859
FITEM,2,35861
FITEM,2,35863
FITEM,2,35865
FITEM,2,35867
FITEM,2,35869
FITEM,2,35871
FITEM,2,35873
FITEM,2,35875
FITEM,2,35877
FITEM,2,35879
FITEM,2,35881
FITEM,2,35883
FITEM,2,35885
FITEM,2,35887
FITEM,2,35889
FITEM,2,35891
FITEM,2,35893
FITEM,2,35895
FITEM,2,35897
FITEM,2,35899
FITEM,2,35901
FITEM,2,35903
FITEM,2,35905
FITEM,2,35907
FITEM,2,35909
FITEM,2,35911
FITEM,2,35913
FITEM,2,35915
FITEM,2,35917
FITEM,2,35919
FITEM,2,35921
FITEM,2,35923
FITEM,2,35925
FITEM,2,35927
FITEM,2,35929
FITEM,2,35931
FITEM,2,35933
FITEM,2,35935
FITEM,2,35937
FITEM,2,35939
FITEM,2,35941
FITEM,2,36606
FITEM,2,-36644
FITEM,2,36684
FITEM,2,-36761
FITEM,2,37074
FITEM,2,-37075
FITEM,2,37078
FITEM,2,37080
FITEM,2,37082
FITEM,2,37084
FITEM,2,37086
FITEM,2,37088
FITEM,2,37090
FITEM,2,37092
FITEM,2,37094
FITEM,2,37096
FITEM,2,37098
FITEM,2,37100
FITEM,2,37102
FITEM,2,37104
FITEM,2,37106
FITEM,2,37108
FITEM,2,37110

FITEM,2,37112
FITEM,2,37114
FITEM,2,37116
FITEM,2,37118
FITEM,2,37120
FITEM,2,37122
FITEM,2,37124
FITEM,2,37126
FITEM,2,37128
FITEM,2,37130
FITEM,2,37132
FITEM,2,37134
FITEM,2,37136
FITEM,2,37138
FITEM,2,37140
FITEM,2,37142
FITEM,2,37144
FITEM,2,37146
FITEM,2,37148
FITEM,2,37150
FITEM,2,37620
FITEM,2,-37697
FITEM,2,39297
FITEM,2,-39298
FITEM,2,39301
FITEM,2,39303
FITEM,2,39305
FITEM,2,39307
FITEM,2,39309
FITEM,2,39311
FITEM,2,39313
FITEM,2,39315
FITEM,2,39317
FITEM,2,39319
FITEM,2,39321
FITEM,2,39323
FITEM,2,39325
FITEM,2,39327
FITEM,2,39329
FITEM,2,39331
FITEM,2,39333
FITEM,2,39335
FITEM,2,39337
FITEM,2,39339
FITEM,2,39341
FITEM,2,39343
FITEM,2,39345
FITEM,2,39347
FITEM,2,39349
FITEM,2,39351
FITEM,2,39353
FITEM,2,39355
FITEM,2,39357
FITEM,2,39359
FITEM,2,39361
FITEM,2,39363
FITEM,2,39365
FITEM,2,39367
FITEM,2,39369
FITEM,2,39371
FITEM,2,39373
FITEM,2,39843
FITEM,2,-39920
FITEM,2,40740
FITEM,2,-40759
FITEM,2,40780
FITEM,2,-40789
FITEM,2,40800
FITEM,2,-40809
FITEM,2,40820
FITEM,2,-40829
FITEM,2,40840
FITEM,2,-40849

FITEM,2,40860
FITEM,2,-40869
FITEM,2,40880
FITEM,2,-40889
FITEM,2,40900
FITEM,2,-40909
FITEM,2,40920
FITEM,2,-40929
FITEM,2,40940
FITEM,2,-40949
FITEM,2,40960
FITEM,2,-40969
FITEM,2,40980
FITEM,2,-40989
FITEM,2,41000
FITEM,2,-41009
FITEM,2,41020
FITEM,2,-41029
FITEM,2,41040
FITEM,2,-41049
FITEM,2,41060
FITEM,2,-41069
FITEM,2,41080
FITEM,2,-41089
FITEM,2,41100
FITEM,2,-41109
FITEM,2,41120
FITEM,2,-41129
FITEM,2,41140
FITEM,2,-41149
FITEM,2,41160
FITEM,2,-41169
FITEM,2,41180
FITEM,2,-41189
FITEM,2,41200
FITEM,2,-41209
FITEM,2,41220
FITEM,2,-41229
FITEM,2,41240
FITEM,2,-41249
FITEM,2,41260
FITEM,2,-41269
FITEM,2,41280
FITEM,2,-41289
FITEM,2,41300
FITEM,2,-41309
FITEM,2,41320
FITEM,2,-41329
FITEM,2,41340
FITEM,2,-41349
FITEM,2,41360
FITEM,2,-41369
FITEM,2,41380
FITEM,2,-41389
FITEM,2,41400
FITEM,2,-41409
FITEM,2,41420
FITEM,2,-41429
FITEM,2,41440
FITEM,2,-41449
FITEM,2,41460
FITEM,2,-41469
FITEM,2,41480
FITEM,2,-41489
FITEM,2,41500
FITEM,2,-41509
FITEM,2,57588
FITEM,2,-57601
FITEM,2,57616
FITEM,2,-57622
FITEM,2,57630
FITEM,2,-57636
FITEM,2,57644

FITEM,2,-57650
FITEM,2,57658
FITEM,2,-57664
FITEM,2,57672
FITEM,2,-57678
FITEM,2,57686
FITEM,2,-57692
FITEM,2,57700
FITEM,2,-57706
FITEM,2,57714
FITEM,2,-57720
FITEM,2,57728
FITEM,2,-57734
FITEM,2,57742
FITEM,2,-57748
FITEM,2,57756
FITEM,2,-57762
FITEM,2,57770
FITEM,2,-57776
FITEM,2,57784
FITEM,2,-57790
FITEM,2,57798
FITEM,2,-57804
FITEM,2,57812
FITEM,2,-57818
FITEM,2,57826
FITEM,2,-57832
FITEM,2,57840
FITEM,2,-57846
FITEM,2,57854
FITEM,2,-57860
FITEM,2,57868
FITEM,2,-57874
FITEM,2,57882
FITEM,2,-57888
FITEM,2,57896
FITEM,2,-57902
FITEM,2,57910
FITEM,2,-57916
FITEM,2,57924
FITEM,2,-57930
FITEM,2,57938
FITEM,2,-57944
FITEM,2,57952
FITEM,2,-57958
FITEM,2,57966
FITEM,2,-57972
FITEM,2,57980
FITEM,2,-57986
FITEM,2,57994
FITEM,2,-58000
FITEM,2,58008
FITEM,2,-58014
FITEM,2,58022
FITEM,2,-58028
FITEM,2,58036
FITEM,2,-58042
FITEM,2,58050
FITEM,2,-58056
FITEM,2,58064
FITEM,2,-58070
FITEM,2,58078
FITEM,2,-58084
FITEM,2,58092
FITEM,2,-58098
FITEM,2,58106
FITEM,2,-58112
FITEM,2,58120
FITEM,2,-58126
FITEM,2,61917
FITEM,2,-61926
FITEM,2,61937
FITEM,2,-61941

FITEM,2,61947
FITEM,2,-61951
FITEM,2,61957
FITEM,2,-61961
FITEM,2,61967
FITEM,2,-61971
FITEM,2,61977
FITEM,2,-61981
FITEM,2,61987
FITEM,2,-61991
FITEM,2,61997
FITEM,2,-62001
FITEM,2,62007
FITEM,2,-62011
FITEM,2,62017
FITEM,2,-62021
FITEM,2,62027
FITEM,2,-62031
FITEM,2,62037
FITEM,2,-62041
FITEM,2,62047
FITEM,2,-62051
FITEM,2,62057
FITEM,2,-62061
FITEM,2,62067
FITEM,2,-62071
FITEM,2,62077
FITEM,2,-62081
FITEM,2,62087
FITEM,2,-62091
FITEM,2,62097
FITEM,2,-62101
FITEM,2,62107
FITEM,2,-62111
FITEM,2,62117
FITEM,2,-62121
FITEM,2,62127
FITEM,2,-62131
FITEM,2,62137
FITEM,2,-62141
FITEM,2,62147
FITEM,2,-62151
FITEM,2,62157
FITEM,2,-62161
FITEM,2,62167
FITEM,2,-62171
FITEM,2,62177
FITEM,2,-62181
FITEM,2,62187
FITEM,2,-62191
FITEM,2,62197
FITEM,2,-62201
FITEM,2,62207
FITEM,2,-62211
FITEM,2,62217
FITEM,2,-62221
FITEM,2,62227
FITEM,2,-62231
FITEM,2,62237
FITEM,2,-62241
FITEM,2,62247
FITEM,2,-62251
FITEM,2,62257
FITEM,2,-62261
FITEM,2,62267
FITEM,2,-62271
FITEM,2,62277
FITEM,2,-62281
FITEM,2,62287
FITEM,2,-62291
FITEM,2,62297
FITEM,2,-62301
!*

```
/GO
D,P51X, , , , ,ALL, , , ,
! *****
! Vinculacao da base de apoio com vinculacao em x, y e z
! *****
FLST,2,624,1,ORDE,624
FITEM,2,40740
FITEM,2,-40741
FITEM,2,40760
FITEM,2,-40761
FITEM,2,40780
FITEM,2,40790
FITEM,2,40800
FITEM,2,40810
FITEM,2,40820
FITEM,2,40830
FITEM,2,40840
FITEM,2,40850
FITEM,2,40860
FITEM,2,40870
FITEM,2,40880
FITEM,2,40890
FITEM,2,40900
FITEM,2,40910
FITEM,2,40920
FITEM,2,40930
FITEM,2,40940
FITEM,2,40950
FITEM,2,40960
FITEM,2,40970
FITEM,2,40980
FITEM,2,40990
FITEM,2,41000
FITEM,2,41010
FITEM,2,41020
FITEM,2,41030
FITEM,2,41040
FITEM,2,41050
FITEM,2,41060
FITEM,2,41070
FITEM,2,41080
FITEM,2,41090
FITEM,2,41100
FITEM,2,41110
FITEM,2,41120
FITEM,2,41130
FITEM,2,41140
FITEM,2,41150
FITEM,2,41160
FITEM,2,41170
FITEM,2,41180
FITEM,2,41190
FITEM,2,41200
FITEM,2,41210
FITEM,2,41220
FITEM,2,41230
FITEM,2,41240
FITEM,2,41250
FITEM,2,41260
FITEM,2,41270
FITEM,2,41280
FITEM,2,41290
FITEM,2,41300
FITEM,2,41310
FITEM,2,41320
FITEM,2,41330
FITEM,2,41340
FITEM,2,41350
FITEM,2,41360
FITEM,2,41370
FITEM,2,41380
FITEM,2,41390
FITEM,2,41400
```

FITEM,2,41410
FITEM,2,41420
FITEM,2,41430
FITEM,2,41440
FITEM,2,41450
FITEM,2,41460
FITEM,2,41470
FITEM,2,41480
FITEM,2,41490
FITEM,2,41500
FITEM,2,41510
FITEM,2,41520
FITEM,2,-41521
FITEM,2,41540
FITEM,2,41550
FITEM,2,41560
FITEM,2,41570
FITEM,2,41580
FITEM,2,41590
FITEM,2,41600
FITEM,2,41610
FITEM,2,41620
FITEM,2,41630
FITEM,2,41640
FITEM,2,41650
FITEM,2,41660
FITEM,2,41670
FITEM,2,41680
FITEM,2,41690
FITEM,2,41700
FITEM,2,41710
FITEM,2,41720
FITEM,2,41730
FITEM,2,41740
FITEM,2,41750
FITEM,2,41760
FITEM,2,41770
FITEM,2,41780
FITEM,2,41790
FITEM,2,41800
FITEM,2,41810
FITEM,2,41820
FITEM,2,41830
FITEM,2,41840
FITEM,2,41850
FITEM,2,41860
FITEM,2,41870
FITEM,2,41880
FITEM,2,41890
FITEM,2,41900
FITEM,2,41910
FITEM,2,-41911
FITEM,2,41930
FITEM,2,41940
FITEM,2,41950
FITEM,2,41960
FITEM,2,41970
FITEM,2,41980
FITEM,2,41990
FITEM,2,42000
FITEM,2,42010
FITEM,2,42020
FITEM,2,42030
FITEM,2,42040
FITEM,2,42050
FITEM,2,42060
FITEM,2,42070
FITEM,2,42080
FITEM,2,42090
FITEM,2,42100
FITEM,2,42110
FITEM,2,42120
FITEM,2,42130

FITEM,2,42140
FITEM,2,42150
FITEM,2,42160
FITEM,2,42170
FITEM,2,42180
FITEM,2,42190
FITEM,2,42200
FITEM,2,42210
FITEM,2,42220
FITEM,2,42230
FITEM,2,42240
FITEM,2,42250
FITEM,2,42260
FITEM,2,42270
FITEM,2,42280
FITEM,2,42290
FITEM,2,42300
FITEM,2,-42301
FITEM,2,42320
FITEM,2,42330
FITEM,2,42340
FITEM,2,42350
FITEM,2,42360
FITEM,2,42370
FITEM,2,42380
FITEM,2,42390
FITEM,2,42400
FITEM,2,42410
FITEM,2,42420
FITEM,2,42430
FITEM,2,42440
FITEM,2,42450
FITEM,2,42460
FITEM,2,42470
FITEM,2,42480
FITEM,2,42490
FITEM,2,42500
FITEM,2,42510
FITEM,2,42520
FITEM,2,42530
FITEM,2,42540
FITEM,2,42550
FITEM,2,42560
FITEM,2,42570
FITEM,2,42580
FITEM,2,42590
FITEM,2,42600
FITEM,2,42610
FITEM,2,42620
FITEM,2,42630
FITEM,2,42640
FITEM,2,42650
FITEM,2,42660
FITEM,2,42670
FITEM,2,42680
FITEM,2,42690
FITEM,2,-42691
FITEM,2,42710
FITEM,2,42720
FITEM,2,42730
FITEM,2,42740
FITEM,2,42750
FITEM,2,42760
FITEM,2,42770
FITEM,2,42780
FITEM,2,42790
FITEM,2,42800
FITEM,2,42810
FITEM,2,42820
FITEM,2,42830
FITEM,2,42840
FITEM,2,42850
FITEM,2,42860

FITEM,2,42870
FITEM,2,42880
FITEM,2,42890
FITEM,2,42900
FITEM,2,42910
FITEM,2,42920
FITEM,2,42930
FITEM,2,42940
FITEM,2,42950
FITEM,2,42960
FITEM,2,42970
FITEM,2,42980
FITEM,2,42990
FITEM,2,43000
FITEM,2,43010
FITEM,2,43020
FITEM,2,43030
FITEM,2,43040
FITEM,2,43050
FITEM,2,43060
FITEM,2,43070
FITEM,2,43080
FITEM,2,-43081
FITEM,2,43100
FITEM,2,43110
FITEM,2,43120
FITEM,2,43130
FITEM,2,43140
FITEM,2,43150
FITEM,2,43160
FITEM,2,43170
FITEM,2,43180
FITEM,2,43190
FITEM,2,43200
FITEM,2,43210
FITEM,2,43220
FITEM,2,43230
FITEM,2,43240
FITEM,2,43250
FITEM,2,43260
FITEM,2,43270
FITEM,2,43280
FITEM,2,43290
FITEM,2,43300
FITEM,2,43310
FITEM,2,43320
FITEM,2,43330
FITEM,2,43340
FITEM,2,43350
FITEM,2,43360
FITEM,2,43370
FITEM,2,43380
FITEM,2,43390
FITEM,2,43400
FITEM,2,43410
FITEM,2,43420
FITEM,2,43430
FITEM,2,43440
FITEM,2,43450
FITEM,2,43460
FITEM,2,43470
FITEM,2,-43471
FITEM,2,43490
FITEM,2,43500
FITEM,2,43510
FITEM,2,43520
FITEM,2,43530
FITEM,2,43540
FITEM,2,43550
FITEM,2,43560
FITEM,2,43570
FITEM,2,43580
FITEM,2,43590

FITEM,2,43600
FITEM,2,43610
FITEM,2,43620
FITEM,2,43630
FITEM,2,43640
FITEM,2,43650
FITEM,2,43660
FITEM,2,43670
FITEM,2,43680
FITEM,2,43690
FITEM,2,43700
FITEM,2,43710
FITEM,2,43720
FITEM,2,43730
FITEM,2,43740
FITEM,2,43750
FITEM,2,43760
FITEM,2,43770
FITEM,2,43780
FITEM,2,43790
FITEM,2,43800
FITEM,2,43810
FITEM,2,43820
FITEM,2,43830
FITEM,2,43840
FITEM,2,43850
FITEM,2,43860
FITEM,2,-43861
FITEM,2,43880
FITEM,2,43890
FITEM,2,43900
FITEM,2,43910
FITEM,2,43920
FITEM,2,43930
FITEM,2,43940
FITEM,2,43950
FITEM,2,43960
FITEM,2,43970
FITEM,2,43980
FITEM,2,43990
FITEM,2,44000
FITEM,2,44010
FITEM,2,44020
FITEM,2,44030
FITEM,2,44040
FITEM,2,44050
FITEM,2,44060
FITEM,2,44070
FITEM,2,44080
FITEM,2,44090
FITEM,2,44100
FITEM,2,44110
FITEM,2,44120
FITEM,2,44130
FITEM,2,44140
FITEM,2,44150
FITEM,2,44160
FITEM,2,44170
FITEM,2,44180
FITEM,2,44190
FITEM,2,44200
FITEM,2,44210
FITEM,2,44220
FITEM,2,44230
FITEM,2,44240
FITEM,2,44250
FITEM,2,-44251
FITEM,2,44270
FITEM,2,44280
FITEM,2,44290
FITEM,2,44300
FITEM,2,44310
FITEM,2,44320

FITEM,2,44330
FITEM,2,44340
FITEM,2,44350
FITEM,2,44360
FITEM,2,44370
FITEM,2,44380
FITEM,2,44390
FITEM,2,44400
FITEM,2,44410
FITEM,2,44420
FITEM,2,44430
FITEM,2,44440
FITEM,2,44450
FITEM,2,44460
FITEM,2,44470
FITEM,2,44480
FITEM,2,44490
FITEM,2,44500
FITEM,2,44510
FITEM,2,44520
FITEM,2,44530
FITEM,2,44540
FITEM,2,44550
FITEM,2,44560
FITEM,2,44570
FITEM,2,44580
FITEM,2,44590
FITEM,2,44600
FITEM,2,44610
FITEM,2,44620
FITEM,2,44630
FITEM,2,44640
FITEM,2,-44641
FITEM,2,44660
FITEM,2,44670
FITEM,2,44680
FITEM,2,44690
FITEM,2,44700
FITEM,2,44710
FITEM,2,44720
FITEM,2,44730
FITEM,2,44740
FITEM,2,44750
FITEM,2,44760
FITEM,2,44770
FITEM,2,44780
FITEM,2,44790
FITEM,2,44800
FITEM,2,44810
FITEM,2,44820
FITEM,2,44830
FITEM,2,44840
FITEM,2,44850
FITEM,2,44860
FITEM,2,44870
FITEM,2,44880
FITEM,2,44890
FITEM,2,44900
FITEM,2,44910
FITEM,2,44920
FITEM,2,44930
FITEM,2,44940
FITEM,2,44950
FITEM,2,44960
FITEM,2,44970
FITEM,2,44980
FITEM,2,44990
FITEM,2,45000
FITEM,2,45010
FITEM,2,45020
FITEM,2,45030
FITEM,2,-45031
FITEM,2,45050

FITEM,2,45060
FITEM,2,45070
FITEM,2,45080
FITEM,2,45090
FITEM,2,45100
FITEM,2,45110
FITEM,2,45120
FITEM,2,45130
FITEM,2,45140
FITEM,2,45150
FITEM,2,45160
FITEM,2,45170
FITEM,2,45180
FITEM,2,45190
FITEM,2,45200
FITEM,2,45210
FITEM,2,45220
FITEM,2,45230
FITEM,2,45240
FITEM,2,45250
FITEM,2,45260
FITEM,2,45270
FITEM,2,45280
FITEM,2,45290
FITEM,2,45300
FITEM,2,45310
FITEM,2,45320
FITEM,2,45330
FITEM,2,45340
FITEM,2,45350
FITEM,2,45360
FITEM,2,45370
FITEM,2,45380
FITEM,2,45390
FITEM,2,45400
FITEM,2,45410
FITEM,2,45420
FITEM,2,-45421
FITEM,2,45440
FITEM,2,45450
FITEM,2,45460
FITEM,2,45470
FITEM,2,45480
FITEM,2,45490
FITEM,2,45500
FITEM,2,45510
FITEM,2,45520
FITEM,2,45530
FITEM,2,45540
FITEM,2,45550
FITEM,2,45560
FITEM,2,45570
FITEM,2,45580
FITEM,2,45590
FITEM,2,45600
FITEM,2,45610
FITEM,2,45620
FITEM,2,45630
FITEM,2,45640
FITEM,2,45650
FITEM,2,45660
FITEM,2,45670
FITEM,2,45680
FITEM,2,45690
FITEM,2,45700
FITEM,2,45710
FITEM,2,45720
FITEM,2,45730
FITEM,2,45740
FITEM,2,45750
FITEM,2,45760
FITEM,2,45770
FITEM,2,45780

FITEM,2,45790
FITEM,2,45800
FITEM,2,45810
FITEM,2,-45811
FITEM,2,45830
FITEM,2,45840
FITEM,2,45850
FITEM,2,45860
FITEM,2,45870
FITEM,2,45880
FITEM,2,45890
FITEM,2,45900
FITEM,2,45910
FITEM,2,45920
FITEM,2,45930
FITEM,2,45940
FITEM,2,45950
FITEM,2,45960
FITEM,2,45970
FITEM,2,45980
FITEM,2,45990
FITEM,2,46000
FITEM,2,46010
FITEM,2,46020
FITEM,2,46030
FITEM,2,46040
FITEM,2,46050
FITEM,2,46060
FITEM,2,46070
FITEM,2,46080
FITEM,2,46090
FITEM,2,46100
FITEM,2,46110
FITEM,2,46120
FITEM,2,46130
FITEM,2,46140
FITEM,2,46150
FITEM,2,46160
FITEM,2,46170
FITEM,2,46180
FITEM,2,46190
FITEM,2,46200
FITEM,2,-46201
FITEM,2,46220
FITEM,2,46230
FITEM,2,46240
FITEM,2,46250
FITEM,2,46260
FITEM,2,46270
FITEM,2,46280
FITEM,2,46290
FITEM,2,46300
FITEM,2,46310
FITEM,2,46320
FITEM,2,46330
FITEM,2,46340
FITEM,2,46350
FITEM,2,46360
FITEM,2,46370
FITEM,2,46380
FITEM,2,46390
FITEM,2,46400
FITEM,2,46410
FITEM,2,46420
FITEM,2,46430
FITEM,2,46440
FITEM,2,46450
FITEM,2,46460
FITEM,2,46470
FITEM,2,46480
FITEM,2,46490
FITEM,2,46500
FITEM,2,46510

```

FITEM,2,46520
FITEM,2,46530
FITEM,2,46540
FITEM,2,46550
FITEM,2,46560
FITEM,2,46570
FITEM,2,46580
FITEM,2,46590
FITEM,2,-46591
FITEM,2,46610
FITEM,2,46620
FITEM,2,46630
FITEM,2,46640
FITEM,2,46650
FITEM,2,46660
FITEM,2,46670
FITEM,2,46680
FITEM,2,46690
FITEM,2,46700
FITEM,2,46710
FITEM,2,46720
FITEM,2,46730
FITEM,2,46740
FITEM,2,46750
FITEM,2,46760
FITEM,2,46770
FITEM,2,46780
FITEM,2,46790
FITEM,2,46800
FITEM,2,46810
FITEM,2,46820
FITEM,2,46830
FITEM,2,46840
FITEM,2,46850
FITEM,2,46860
FITEM,2,46870
FITEM,2,46880
FITEM,2,46890
FITEM,2,46900
FITEM,2,46910
FITEM,2,46920
FITEM,2,46930
FITEM,2,46940
FITEM,2,46950
FITEM,2,46960
FITEM,2,46970
!*
/GO
D,P51X, , , , , ALL, , , ,
! *****
! Codicao de simetria (vinculacao lateral) em x e z
! *****
FLST,2,2457,1,ORDE,1445
FITEM,2,20070
FITEM,2,-20147
FITEM,2,21084
FITEM,2,-21085
FITEM,2,21088
FITEM,2,-21089
FITEM,2,21092
FITEM,2,-21093
FITEM,2,21096
FITEM,2,21098
FITEM,2,21100
FITEM,2,21102
FITEM,2,21104
FITEM,2,21106
FITEM,2,21108
FITEM,2,21110
FITEM,2,21112
FITEM,2,21114
FITEM,2,21116
FITEM,2,21118

```

FITEM,2,21120
FITEM,2,21122
FITEM,2,21124
FITEM,2,21126
FITEM,2,21128
FITEM,2,21130
FITEM,2,21132
FITEM,2,21134
FITEM,2,21136
FITEM,2,21138
FITEM,2,21140
FITEM,2,21142
FITEM,2,21144
FITEM,2,21146
FITEM,2,21148
FITEM,2,21150
FITEM,2,21152
FITEM,2,21154
FITEM,2,21156
FITEM,2,21158
FITEM,2,21160
FITEM,2,21162
FITEM,2,21164
FITEM,2,21166
FITEM,2,21168
FITEM,2,21170
FITEM,2,21172
FITEM,2,21174
FITEM,2,21176
FITEM,2,21178
FITEM,2,21180
FITEM,2,21182
FITEM,2,21184
FITEM,2,21186
FITEM,2,21188
FITEM,2,21190
FITEM,2,21192
FITEM,2,21194
FITEM,2,21196
FITEM,2,21198
FITEM,2,21200
FITEM,2,21202
FITEM,2,21204
FITEM,2,21206
FITEM,2,21208
FITEM,2,21210
FITEM,2,21212
FITEM,2,21214
FITEM,2,21216
FITEM,2,21218
FITEM,2,21220
FITEM,2,21222
FITEM,2,21224
FITEM,2,21226
FITEM,2,21228
FITEM,2,21230
FITEM,2,21232
FITEM,2,21234
FITEM,2,21236
FITEM,2,21238
FITEM,2,21240
FITEM,2,21242
FITEM,2,21244
FITEM,2,21246
FITEM,2,21248
FITEM,2,21250
FITEM,2,21252
FITEM,2,21254
FITEM,2,21256
FITEM,2,21258
FITEM,2,21260
FITEM,2,21262
FITEM,2,21264

FITEM,2,21266
FITEM,2,21268
FITEM,2,21270
FITEM,2,21272
FITEM,2,21274
FITEM,2,21276
FITEM,2,21278
FITEM,2,21280
FITEM,2,21282
FITEM,2,21284
FITEM,2,21286
FITEM,2,21288
FITEM,2,21290
FITEM,2,21292
FITEM,2,21294
FITEM,2,21296
FITEM,2,21298
FITEM,2,21300
FITEM,2,21302
FITEM,2,21304
FITEM,2,21306
FITEM,2,21308
FITEM,2,21310
FITEM,2,21312
FITEM,2,21314
FITEM,2,21316
FITEM,2,23190
FITEM,2,-23191
FITEM,2,23194
FITEM,2,-23195
FITEM,2,23198
FITEM,2,23200
FITEM,2,23202
FITEM,2,23204
FITEM,2,23206
FITEM,2,23208
FITEM,2,23210
FITEM,2,23212
FITEM,2,23214
FITEM,2,23216
FITEM,2,23218
FITEM,2,23220
FITEM,2,23222
FITEM,2,23224
FITEM,2,23226
FITEM,2,23228
FITEM,2,23230
FITEM,2,23232
FITEM,2,23234
FITEM,2,23236
FITEM,2,23238
FITEM,2,23240
FITEM,2,23242
FITEM,2,23244
FITEM,2,23246
FITEM,2,23248
FITEM,2,23250
FITEM,2,23252
FITEM,2,23254
FITEM,2,23256
FITEM,2,23258
FITEM,2,23260
FITEM,2,23262
FITEM,2,23264
FITEM,2,23266
FITEM,2,23268
FITEM,2,23270
FITEM,2,23272
FITEM,2,23274
FITEM,2,23276
FITEM,2,23278
FITEM,2,23280
FITEM,2,23282

FITEM,2,23284
FITEM,2,23286
FITEM,2,23288
FITEM,2,23290
FITEM,2,23292
FITEM,2,23294
FITEM,2,23296
FITEM,2,23298
FITEM,2,23300
FITEM,2,23302
FITEM,2,23304
FITEM,2,23306
FITEM,2,23308
FITEM,2,23310
FITEM,2,23312
FITEM,2,23314
FITEM,2,23316
FITEM,2,23318
FITEM,2,23320
FITEM,2,23322
FITEM,2,23324
FITEM,2,23326
FITEM,2,23328
FITEM,2,23330
FITEM,2,23332
FITEM,2,23334
FITEM,2,23336
FITEM,2,23338
FITEM,2,23340
FITEM,2,23342
FITEM,2,23344
FITEM,2,24750
FITEM,2,-24751
FITEM,2,24754
FITEM,2,-24755
FITEM,2,24758
FITEM,2,24760
FITEM,2,24762
FITEM,2,24764
FITEM,2,24766
FITEM,2,24768
FITEM,2,24770
FITEM,2,24772
FITEM,2,24774
FITEM,2,24776
FITEM,2,24778
FITEM,2,24780
FITEM,2,24782
FITEM,2,24784
FITEM,2,24786
FITEM,2,24788
FITEM,2,24790
FITEM,2,24792
FITEM,2,24794
FITEM,2,24796
FITEM,2,24798
FITEM,2,24800
FITEM,2,24802
FITEM,2,24804
FITEM,2,24806
FITEM,2,24808
FITEM,2,24810
FITEM,2,24812
FITEM,2,24814
FITEM,2,24816
FITEM,2,24818
FITEM,2,24820
FITEM,2,24822
FITEM,2,24824
FITEM,2,24826
FITEM,2,24828
FITEM,2,24830
FITEM,2,24832

FITEM,2,24834
FITEM,2,24836
FITEM,2,24838
FITEM,2,24840
FITEM,2,24842
FITEM,2,24844
FITEM,2,24846
FITEM,2,24848
FITEM,2,24850
FITEM,2,24852
FITEM,2,24854
FITEM,2,24856
FITEM,2,24858
FITEM,2,24860
FITEM,2,24862
FITEM,2,24864
FITEM,2,24866
FITEM,2,24868
FITEM,2,24870
FITEM,2,24872
FITEM,2,24874
FITEM,2,24876
FITEM,2,24878
FITEM,2,24880
FITEM,2,24882
FITEM,2,24884
FITEM,2,24886
FITEM,2,24888
FITEM,2,24890
FITEM,2,24892
FITEM,2,24894
FITEM,2,24896
FITEM,2,24898
FITEM,2,24900
FITEM,2,24902
FITEM,2,24904
FITEM,2,26076
FITEM,2,-26077
FITEM,2,26080
FITEM,2,-26081
FITEM,2,26084
FITEM,2,26086
FITEM,2,26088
FITEM,2,26090
FITEM,2,26092
FITEM,2,26094
FITEM,2,26096
FITEM,2,26098
FITEM,2,26100
FITEM,2,26102
FITEM,2,26104
FITEM,2,26106
FITEM,2,26108
FITEM,2,26110
FITEM,2,26112
FITEM,2,26114
FITEM,2,26116
FITEM,2,26118
FITEM,2,26120
FITEM,2,26122
FITEM,2,26124
FITEM,2,26126
FITEM,2,26128
FITEM,2,26130
FITEM,2,26132
FITEM,2,26134
FITEM,2,26136
FITEM,2,26138
FITEM,2,26140
FITEM,2,26142
FITEM,2,26144
FITEM,2,26146
FITEM,2,26148

FITEM,2,26150
FITEM,2,26152
FITEM,2,26154
FITEM,2,26156
FITEM,2,26158
FITEM,2,26160
FITEM,2,26162
FITEM,2,26164
FITEM,2,26166
FITEM,2,26168
FITEM,2,26170
FITEM,2,26172
FITEM,2,26174
FITEM,2,26176
FITEM,2,26178
FITEM,2,26180
FITEM,2,26182
FITEM,2,26184
FITEM,2,26186
FITEM,2,26188
FITEM,2,26190
FITEM,2,26192
FITEM,2,26194
FITEM,2,26196
FITEM,2,26198
FITEM,2,26200
FITEM,2,26202
FITEM,2,26204
FITEM,2,26206
FITEM,2,26208
FITEM,2,26210
FITEM,2,26212
FITEM,2,26214
FITEM,2,26216
FITEM,2,26218
FITEM,2,26220
FITEM,2,26222
FITEM,2,26224
FITEM,2,26226
FITEM,2,26228
FITEM,2,26230
FITEM,2,27168
FITEM,2,-27169
FITEM,2,27172
FITEM,2,-27173
FITEM,2,27176
FITEM,2,27178
FITEM,2,27180
FITEM,2,27182
FITEM,2,27184
FITEM,2,27186
FITEM,2,27188
FITEM,2,27190
FITEM,2,27192
FITEM,2,27194
FITEM,2,27196
FITEM,2,27198
FITEM,2,27200
FITEM,2,27202
FITEM,2,27204
FITEM,2,27206
FITEM,2,27208
FITEM,2,27210
FITEM,2,27212
FITEM,2,27214
FITEM,2,27216
FITEM,2,27218
FITEM,2,27220
FITEM,2,27222
FITEM,2,27224
FITEM,2,27226
FITEM,2,27228
FITEM,2,27230

FITEM,2,27232
FITEM,2,27234
FITEM,2,27236
FITEM,2,27238
FITEM,2,27240
FITEM,2,27242
FITEM,2,27244
FITEM,2,27246
FITEM,2,27248
FITEM,2,27250
FITEM,2,27252
FITEM,2,27254
FITEM,2,27256
FITEM,2,27258
FITEM,2,27260
FITEM,2,27262
FITEM,2,27264
FITEM,2,27266
FITEM,2,27268
FITEM,2,27270
FITEM,2,27272
FITEM,2,27274
FITEM,2,27276
FITEM,2,27278
FITEM,2,27280
FITEM,2,27282
FITEM,2,27284
FITEM,2,27286
FITEM,2,27288
FITEM,2,27290
FITEM,2,27292
FITEM,2,27294
FITEM,2,27296
FITEM,2,27298
FITEM,2,27300
FITEM,2,27302
FITEM,2,27304
FITEM,2,27306
FITEM,2,27308
FITEM,2,27310
FITEM,2,27312
FITEM,2,27314
FITEM,2,27316
FITEM,2,27318
FITEM,2,27320
FITEM,2,27322
FITEM,2,28026
FITEM,2,-28027
FITEM,2,28030
FITEM,2,-28031
FITEM,2,28034
FITEM,2,28036
FITEM,2,28038
FITEM,2,28040
FITEM,2,28042
FITEM,2,28044
FITEM,2,28046
FITEM,2,28048
FITEM,2,28050
FITEM,2,28052
FITEM,2,28054
FITEM,2,28056
FITEM,2,28058
FITEM,2,28060
FITEM,2,28062
FITEM,2,28064
FITEM,2,28066
FITEM,2,28068
FITEM,2,28070
FITEM,2,28072
FITEM,2,28074
FITEM,2,28076
FITEM,2,28078

FITEM,2,28080
FITEM,2,28082
FITEM,2,28084
FITEM,2,28086
FITEM,2,28088
FITEM,2,28090
FITEM,2,28092
FITEM,2,28094
FITEM,2,28096
FITEM,2,28098
FITEM,2,28100
FITEM,2,28102
FITEM,2,28104
FITEM,2,28106
FITEM,2,28108
FITEM,2,28110
FITEM,2,28112
FITEM,2,28114
FITEM,2,28116
FITEM,2,28118
FITEM,2,28120
FITEM,2,28122
FITEM,2,28124
FITEM,2,28126
FITEM,2,28128
FITEM,2,28130
FITEM,2,28132
FITEM,2,28134
FITEM,2,28136
FITEM,2,28138
FITEM,2,28140
FITEM,2,28142
FITEM,2,28144
FITEM,2,28146
FITEM,2,28148
FITEM,2,28150
FITEM,2,28152
FITEM,2,28154
FITEM,2,28156
FITEM,2,28158
FITEM,2,28160
FITEM,2,28162
FITEM,2,28164
FITEM,2,28166
FITEM,2,28168
FITEM,2,28170
FITEM,2,28172
FITEM,2,28174
FITEM,2,28176
FITEM,2,28178
FITEM,2,28180
FITEM,2,28611
FITEM,2,-28688
FITEM,2,28728
FITEM,2,-28766
FITEM,2,29391
FITEM,2,-29392
FITEM,2,29395
FITEM,2,-29396
FITEM,2,29399
FITEM,2,29401
FITEM,2,29403
FITEM,2,29405
FITEM,2,29407
FITEM,2,29409
FITEM,2,29411
FITEM,2,29413
FITEM,2,29415
FITEM,2,29417
FITEM,2,29419
FITEM,2,29421
FITEM,2,29423
FITEM,2,29425

FITEM,2,29427
FITEM,2,29429
FITEM,2,29431
FITEM,2,29433
FITEM,2,29435
FITEM,2,29437
FITEM,2,29439
FITEM,2,29441
FITEM,2,29443
FITEM,2,29445
FITEM,2,29447
FITEM,2,29449
FITEM,2,29451
FITEM,2,29453
FITEM,2,29455
FITEM,2,29457
FITEM,2,29459
FITEM,2,29461
FITEM,2,29463
FITEM,2,29465
FITEM,2,29467
FITEM,2,29469
FITEM,2,29471
FITEM,2,29473
FITEM,2,29475
FITEM,2,29477
FITEM,2,29479
FITEM,2,29481
FITEM,2,29483
FITEM,2,29485
FITEM,2,29487
FITEM,2,29489
FITEM,2,29491
FITEM,2,29493
FITEM,2,29495
FITEM,2,29497
FITEM,2,29499
FITEM,2,29501
FITEM,2,29503
FITEM,2,29505
FITEM,2,29507
FITEM,2,29509
FITEM,2,29511
FITEM,2,29513
FITEM,2,29515
FITEM,2,29517
FITEM,2,29519
FITEM,2,29521
FITEM,2,29523
FITEM,2,29525
FITEM,2,29527
FITEM,2,29529
FITEM,2,29531
FITEM,2,29533
FITEM,2,29535
FITEM,2,29537
FITEM,2,29539
FITEM,2,29541
FITEM,2,29543
FITEM,2,29545
FITEM,2,31185
FITEM,2,-31186
FITEM,2,31189
FITEM,2,-31190
FITEM,2,31193
FITEM,2,31195
FITEM,2,31197
FITEM,2,31199
FITEM,2,31201
FITEM,2,31203
FITEM,2,31205
FITEM,2,31207
FITEM,2,31209

FITEM,2,31211
FITEM,2,31213
FITEM,2,31215
FITEM,2,31217
FITEM,2,31219
FITEM,2,31221
FITEM,2,31223
FITEM,2,31225
FITEM,2,31227
FITEM,2,31229
FITEM,2,31231
FITEM,2,31233
FITEM,2,31235
FITEM,2,31237
FITEM,2,31239
FITEM,2,31241
FITEM,2,31243
FITEM,2,31245
FITEM,2,31247
FITEM,2,31249
FITEM,2,31251
FITEM,2,31253
FITEM,2,31255
FITEM,2,31257
FITEM,2,31259
FITEM,2,31261
FITEM,2,31263
FITEM,2,31265
FITEM,2,31267
FITEM,2,31269
FITEM,2,31271
FITEM,2,31273
FITEM,2,31275
FITEM,2,31277
FITEM,2,31279
FITEM,2,31281
FITEM,2,31283
FITEM,2,31285
FITEM,2,31287
FITEM,2,31289
FITEM,2,31291
FITEM,2,31293
FITEM,2,31295
FITEM,2,31297
FITEM,2,31299
FITEM,2,31301
FITEM,2,31303
FITEM,2,31305
FITEM,2,31307
FITEM,2,31309
FITEM,2,31311
FITEM,2,31313
FITEM,2,31315
FITEM,2,31317
FITEM,2,31319
FITEM,2,31321
FITEM,2,31323
FITEM,2,31325
FITEM,2,31327
FITEM,2,31329
FITEM,2,31331
FITEM,2,31333
FITEM,2,31335
FITEM,2,31337
FITEM,2,31339
FITEM,2,32745
FITEM,2,-32746
FITEM,2,32749
FITEM,2,-32750
FITEM,2,32753
FITEM,2,32755
FITEM,2,32757
FITEM,2,32759

FITEM,2,32761
FITEM,2,32763
FITEM,2,32765
FITEM,2,32767
FITEM,2,32769
FITEM,2,32771
FITEM,2,32773
FITEM,2,32775
FITEM,2,32777
FITEM,2,32779
FITEM,2,32781
FITEM,2,32783
FITEM,2,32785
FITEM,2,32787
FITEM,2,32789
FITEM,2,32791
FITEM,2,32793
FITEM,2,32795
FITEM,2,32797
FITEM,2,32799
FITEM,2,32801
FITEM,2,32803
FITEM,2,32805
FITEM,2,32807
FITEM,2,32809
FITEM,2,32811
FITEM,2,32813
FITEM,2,32815
FITEM,2,32817
FITEM,2,32819
FITEM,2,32821
FITEM,2,32823
FITEM,2,32825
FITEM,2,32827
FITEM,2,32829
FITEM,2,32831
FITEM,2,32833
FITEM,2,32835
FITEM,2,32837
FITEM,2,32839
FITEM,2,32841
FITEM,2,32843
FITEM,2,32845
FITEM,2,32847
FITEM,2,32849
FITEM,2,32851
FITEM,2,32853
FITEM,2,32855
FITEM,2,32857
FITEM,2,32859
FITEM,2,32861
FITEM,2,32863
FITEM,2,32865
FITEM,2,32867
FITEM,2,32869
FITEM,2,32871
FITEM,2,32873
FITEM,2,32875
FITEM,2,32877
FITEM,2,32879
FITEM,2,32881
FITEM,2,32883
FITEM,2,32885
FITEM,2,32887
FITEM,2,32889
FITEM,2,32891
FITEM,2,32893
FITEM,2,32895
FITEM,2,32897
FITEM,2,32899
FITEM,2,34071
FITEM,2,-34072
FITEM,2,34075

FITEM,2,-34076
FITEM,2,34079
FITEM,2,34081
FITEM,2,34083
FITEM,2,34085
FITEM,2,34087
FITEM,2,34089
FITEM,2,34091
FITEM,2,34093
FITEM,2,34095
FITEM,2,34097
FITEM,2,34099
FITEM,2,34101
FITEM,2,34103
FITEM,2,34105
FITEM,2,34107
FITEM,2,34109
FITEM,2,34111
FITEM,2,34113
FITEM,2,34115
FITEM,2,34117
FITEM,2,34119
FITEM,2,34121
FITEM,2,34123
FITEM,2,34125
FITEM,2,34127
FITEM,2,34129
FITEM,2,34131
FITEM,2,34133
FITEM,2,34135
FITEM,2,34137
FITEM,2,34139
FITEM,2,34141
FITEM,2,34143
FITEM,2,34145
FITEM,2,34147
FITEM,2,34149
FITEM,2,34151
FITEM,2,34153
FITEM,2,34155
FITEM,2,34157
FITEM,2,34159
FITEM,2,34161
FITEM,2,34163
FITEM,2,34165
FITEM,2,34167
FITEM,2,34169
FITEM,2,34171
FITEM,2,34173
FITEM,2,34175
FITEM,2,34177
FITEM,2,34179
FITEM,2,34181
FITEM,2,34183
FITEM,2,34185
FITEM,2,34187
FITEM,2,34189
FITEM,2,34191
FITEM,2,34193
FITEM,2,34195
FITEM,2,34197
FITEM,2,34199
FITEM,2,34201
FITEM,2,34203
FITEM,2,34205
FITEM,2,34207
FITEM,2,34209
FITEM,2,34211
FITEM,2,34213
FITEM,2,34215
FITEM,2,34217
FITEM,2,34219
FITEM,2,34221

FITEM,2,34223
FITEM,2,34225
FITEM,2,35163
FITEM,2,-35164
FITEM,2,35167
FITEM,2,-35168
FITEM,2,35171
FITEM,2,35173
FITEM,2,35175
FITEM,2,35177
FITEM,2,35179
FITEM,2,35181
FITEM,2,35183
FITEM,2,35185
FITEM,2,35187
FITEM,2,35189
FITEM,2,35191
FITEM,2,35193
FITEM,2,35195
FITEM,2,35197
FITEM,2,35199
FITEM,2,35201
FITEM,2,35203
FITEM,2,35205
FITEM,2,35207
FITEM,2,35209
FITEM,2,35211
FITEM,2,35213
FITEM,2,35215
FITEM,2,35217
FITEM,2,35219
FITEM,2,35221
FITEM,2,35223
FITEM,2,35225
FITEM,2,35227
FITEM,2,35229
FITEM,2,35231
FITEM,2,35233
FITEM,2,35235
FITEM,2,35237
FITEM,2,35239
FITEM,2,35241
FITEM,2,35243
FITEM,2,35245
FITEM,2,35247
FITEM,2,35249
FITEM,2,35251
FITEM,2,35253
FITEM,2,35255
FITEM,2,35257
FITEM,2,35259
FITEM,2,35261
FITEM,2,35263
FITEM,2,35265
FITEM,2,35267
FITEM,2,35269
FITEM,2,35271
FITEM,2,35273
FITEM,2,35275
FITEM,2,35277
FITEM,2,35279
FITEM,2,35281
FITEM,2,35283
FITEM,2,35285
FITEM,2,35287
FITEM,2,35289
FITEM,2,35291
FITEM,2,35293
FITEM,2,35295
FITEM,2,35297
FITEM,2,35299
FITEM,2,35301
FITEM,2,35303

FITEM,2,35305
FITEM,2,35307
FITEM,2,35309
FITEM,2,35311
FITEM,2,35313
FITEM,2,35315
FITEM,2,35317
FITEM,2,36021
FITEM,2,-36022
FITEM,2,36025
FITEM,2,-36026
FITEM,2,36029
FITEM,2,36031
FITEM,2,36033
FITEM,2,36035
FITEM,2,36037
FITEM,2,36039
FITEM,2,36041
FITEM,2,36043
FITEM,2,36045
FITEM,2,36047
FITEM,2,36049
FITEM,2,36051
FITEM,2,36053
FITEM,2,36055
FITEM,2,36057
FITEM,2,36059
FITEM,2,36061
FITEM,2,36063
FITEM,2,36065
FITEM,2,36067
FITEM,2,36069
FITEM,2,36071
FITEM,2,36073
FITEM,2,36075
FITEM,2,36077
FITEM,2,36079
FITEM,2,36081
FITEM,2,36083
FITEM,2,36085
FITEM,2,36087
FITEM,2,36089
FITEM,2,36091
FITEM,2,36093
FITEM,2,36095
FITEM,2,36097
FITEM,2,36099
FITEM,2,36101
FITEM,2,36103
FITEM,2,36105
FITEM,2,36107
FITEM,2,36109
FITEM,2,36111
FITEM,2,36113
FITEM,2,36115
FITEM,2,36117
FITEM,2,36119
FITEM,2,36121
FITEM,2,36123
FITEM,2,36125
FITEM,2,36127
FITEM,2,36129
FITEM,2,36131
FITEM,2,36133
FITEM,2,36135
FITEM,2,36137
FITEM,2,36139
FITEM,2,36141
FITEM,2,36143
FITEM,2,36145
FITEM,2,36147
FITEM,2,36149
FITEM,2,36151

FITEM,2,36153
FITEM,2,36155
FITEM,2,36157
FITEM,2,36159
FITEM,2,36161
FITEM,2,36163
FITEM,2,36165
FITEM,2,36167
FITEM,2,36169
FITEM,2,36171
FITEM,2,36173
FITEM,2,36175
FITEM,2,36645
FITEM,2,-36683
FITEM,2,37854
FITEM,2,-37855
FITEM,2,37858
FITEM,2,37860
FITEM,2,37862
FITEM,2,37864
FITEM,2,37866
FITEM,2,37868
FITEM,2,37870
FITEM,2,37872
FITEM,2,37874
FITEM,2,37876
FITEM,2,37878
FITEM,2,37880
FITEM,2,37882
FITEM,2,37884
FITEM,2,37886
FITEM,2,37888
FITEM,2,37890
FITEM,2,37892
FITEM,2,37894
FITEM,2,37896
FITEM,2,37898
FITEM,2,37900
FITEM,2,37902
FITEM,2,37904
FITEM,2,37906
FITEM,2,37908
FITEM,2,37910
FITEM,2,37912
FITEM,2,37914
FITEM,2,37916
FITEM,2,37918
FITEM,2,37920
FITEM,2,37922
FITEM,2,37924
FITEM,2,37926
FITEM,2,37928
FITEM,2,37930
FITEM,2,37932
FITEM,2,-37972
FITEM,2,37979
FITEM,2,37983
FITEM,2,37987
FITEM,2,37991
FITEM,2,37995
FITEM,2,37999
FITEM,2,38003
FITEM,2,38007
FITEM,2,38011
FITEM,2,38015
FITEM,2,38019
FITEM,2,38023
FITEM,2,38027
FITEM,2,38031
FITEM,2,38035
FITEM,2,38039
FITEM,2,38043
FITEM,2,38047

FITEM,2,38051
FITEM,2,38055
FITEM,2,38059
FITEM,2,38063
FITEM,2,38067
FITEM,2,38071
FITEM,2,38075
FITEM,2,38079
FITEM,2,38083
FITEM,2,38087
FITEM,2,38091
FITEM,2,38095
FITEM,2,38099
FITEM,2,38103
FITEM,2,38107
FITEM,2,38111
FITEM,2,38115
FITEM,2,38119
FITEM,2,38123
FITEM,2,38751
FITEM,2,-38752
FITEM,2,38755
FITEM,2,38757
FITEM,2,38759
FITEM,2,38761
FITEM,2,38763
FITEM,2,38765
FITEM,2,38767
FITEM,2,38769
FITEM,2,38771
FITEM,2,38773
FITEM,2,38775
FITEM,2,38777
FITEM,2,38779
FITEM,2,38781
FITEM,2,38783
FITEM,2,38785
FITEM,2,38787
FITEM,2,38789
FITEM,2,38791
FITEM,2,38793
FITEM,2,38795
FITEM,2,38797
FITEM,2,38799
FITEM,2,38801
FITEM,2,38803
FITEM,2,38805
FITEM,2,38807
FITEM,2,38809
FITEM,2,38811
FITEM,2,38813
FITEM,2,38815
FITEM,2,38817
FITEM,2,38819
FITEM,2,38821
FITEM,2,38823
FITEM,2,38825
FITEM,2,38827
FITEM,2,38829
FITEM,2,-38871
FITEM,2,38874
FITEM,2,-38875
FITEM,2,38877
FITEM,2,-38878
FITEM,2,38880
FITEM,2,-38881
FITEM,2,38883
FITEM,2,-38884
FITEM,2,38886
FITEM,2,-38887
FITEM,2,38889
FITEM,2,-38890
FITEM,2,38892

FITEM,2,-38893
FITEM,2,38895
FITEM,2,-38896
FITEM,2,38898
FITEM,2,-38899
FITEM,2,38901
FITEM,2,-38902
FITEM,2,38904
FITEM,2,-38905
FITEM,2,38907
FITEM,2,-38908
FITEM,2,38910
FITEM,2,-38911
FITEM,2,38913
FITEM,2,-38914
FITEM,2,38916
FITEM,2,-38917
FITEM,2,38919
FITEM,2,-38920
FITEM,2,38922
FITEM,2,-38923
FITEM,2,38925
FITEM,2,-38926
FITEM,2,38928
FITEM,2,-38929
FITEM,2,38931
FITEM,2,-38932
FITEM,2,38934
FITEM,2,-38935
FITEM,2,38937
FITEM,2,-38938
FITEM,2,38940
FITEM,2,-38941
FITEM,2,38943
FITEM,2,-38944
FITEM,2,38946
FITEM,2,-38947
FITEM,2,38949
FITEM,2,-38950
FITEM,2,38952
FITEM,2,-38953
FITEM,2,38955
FITEM,2,-38956
FITEM,2,38958
FITEM,2,-38959
FITEM,2,38961
FITEM,2,-38962
FITEM,2,38964
FITEM,2,-38965
FITEM,2,38967
FITEM,2,-38968
FITEM,2,38970
FITEM,2,-38971
FITEM,2,38973
FITEM,2,-38974
FITEM,2,38976
FITEM,2,-38977
FITEM,2,38979
FITEM,2,-38980
FITEM,2,38982
FITEM,2,-38983
FITEM,2,40233
FITEM,2,-40234
FITEM,2,40237
FITEM,2,40239
FITEM,2,40241
FITEM,2,40243
FITEM,2,40245
FITEM,2,40247
FITEM,2,40249
FITEM,2,40251
FITEM,2,40253
FITEM,2,40255

FITEM,2,40257
FITEM,2,40259
FITEM,2,40261
FITEM,2,40263
FITEM,2,40265
FITEM,2,40267
FITEM,2,40269
FITEM,2,40271
FITEM,2,40273
FITEM,2,40275
FITEM,2,40277
FITEM,2,40279
FITEM,2,40281
FITEM,2,40283
FITEM,2,40285
FITEM,2,40287
FITEM,2,40289
FITEM,2,40291
FITEM,2,40293
FITEM,2,40295
FITEM,2,40297
FITEM,2,40299
FITEM,2,40301
FITEM,2,40303
FITEM,2,40305
FITEM,2,40307
FITEM,2,40309
FITEM,2,40701
FITEM,2,-40739
FITEM,2,46980
FITEM,2,-47001
FITEM,2,47024
FITEM,2,-47034
FITEM,2,47046
FITEM,2,-47056
FITEM,2,47068
FITEM,2,-47078
FITEM,2,47090
FITEM,2,-47100
FITEM,2,47112
FITEM,2,-47122
FITEM,2,47134
FITEM,2,-47144
FITEM,2,47156
FITEM,2,-47166
FITEM,2,47178
FITEM,2,-47188
FITEM,2,47200
FITEM,2,-47210
FITEM,2,47222
FITEM,2,-47232
FITEM,2,47244
FITEM,2,-47254
FITEM,2,47266
FITEM,2,-47276
FITEM,2,47288
FITEM,2,-47298
FITEM,2,47310
FITEM,2,-47320
FITEM,2,47332
FITEM,2,-47342
FITEM,2,47354
FITEM,2,-47364
FITEM,2,47376
FITEM,2,-47386
FITEM,2,47398
FITEM,2,-47408
FITEM,2,47420
FITEM,2,-47430
FITEM,2,47442
FITEM,2,-47452
FITEM,2,47464
FITEM,2,-47474

FITEM,2,47486
FITEM,2,-47496
FITEM,2,47508
FITEM,2,-47518
FITEM,2,47530
FITEM,2,-47540
FITEM,2,47552
FITEM,2,-47562
FITEM,2,47574
FITEM,2,-47584
FITEM,2,47596
FITEM,2,-47606
FITEM,2,47618
FITEM,2,-47628
FITEM,2,47640
FITEM,2,-47650
FITEM,2,47662
FITEM,2,-47672
FITEM,2,47684
FITEM,2,-47694
FITEM,2,47706
FITEM,2,-47716
FITEM,2,47728
FITEM,2,-47738
FITEM,2,47750
FITEM,2,-47760
FITEM,2,47772
FITEM,2,-47782
FITEM,2,47794
FITEM,2,-47804
FITEM,2,47816
FITEM,2,-47826
FITEM,2,53844
FITEM,2,-53855
FITEM,2,53868
FITEM,2,-53873
FITEM,2,53880
FITEM,2,-53885
FITEM,2,53892
FITEM,2,-53897
FITEM,2,53904
FITEM,2,-53909
FITEM,2,53916
FITEM,2,-53921
FITEM,2,53928
FITEM,2,-53933
FITEM,2,53940
FITEM,2,-53945
FITEM,2,53952
FITEM,2,-53957
FITEM,2,53964
FITEM,2,-53969
FITEM,2,53976
FITEM,2,-53981
FITEM,2,53988
FITEM,2,-53993
FITEM,2,54000
FITEM,2,-54005
FITEM,2,54012
FITEM,2,-54017
FITEM,2,54024
FITEM,2,-54029
FITEM,2,54036
FITEM,2,-54041
FITEM,2,54048
FITEM,2,-54053
FITEM,2,54060
FITEM,2,-54065
FITEM,2,54072
FITEM,2,-54077
FITEM,2,54084
FITEM,2,-54089
FITEM,2,54096

FITEM,2,-54101
FITEM,2,54108
FITEM,2,-54113
FITEM,2,54120
FITEM,2,-54125
FITEM,2,54132
FITEM,2,-54137
FITEM,2,54144
FITEM,2,-54149
FITEM,2,54156
FITEM,2,-54161
FITEM,2,54168
FITEM,2,-54173
FITEM,2,54180
FITEM,2,-54185
FITEM,2,54192
FITEM,2,-54197
FITEM,2,54204
FITEM,2,-54209
FITEM,2,54216
FITEM,2,-54221
FITEM,2,54228
FITEM,2,-54233
FITEM,2,54240
FITEM,2,-54245
FITEM,2,54252
FITEM,2,-54257
FITEM,2,54264
FITEM,2,-54269
FITEM,2,54276
FITEM,2,-54281
FITEM,2,54288
FITEM,2,-54293
FITEM,2,54300
FITEM,2,-54305
FITEM,2,65544
FITEM,2,-65555
FITEM,2,65568
FITEM,2,-65573
FITEM,2,65580
FITEM,2,-65585
FITEM,2,65592
FITEM,2,-65597
FITEM,2,65604
FITEM,2,-65609
FITEM,2,65616
FITEM,2,-65621
FITEM,2,65628
FITEM,2,-65633
FITEM,2,65640
FITEM,2,-65645
FITEM,2,65652
FITEM,2,-65657
FITEM,2,65664
FITEM,2,-65669
FITEM,2,65676
FITEM,2,-65681
FITEM,2,65688
FITEM,2,-65693
FITEM,2,65700
FITEM,2,-65705
FITEM,2,65712
FITEM,2,-65717
FITEM,2,65724
FITEM,2,-65729
FITEM,2,65736
FITEM,2,-65741
FITEM,2,65748
FITEM,2,-65753
FITEM,2,65760
FITEM,2,-65765
FITEM,2,65772
FITEM,2,-65777

```

FITEM,2,65784
FITEM,2,-65789
FITEM,2,65796
FITEM,2,-65801
FITEM,2,65808
FITEM,2,-65813
FITEM,2,65820
FITEM,2,-65825
FITEM,2,65832
FITEM,2,-65837
FITEM,2,65844
FITEM,2,-65849
FITEM,2,65856
FITEM,2,-65861
FITEM,2,65868
FITEM,2,-65873
FITEM,2,65880
FITEM,2,-65885
FITEM,2,65892
FITEM,2,-65897
FITEM,2,65904
FITEM,2,-65909
FITEM,2,65916
FITEM,2,-65921
FITEM,2,65928
FITEM,2,-65933
FITEM,2,65940
FITEM,2,-65945
FITEM,2,65952
FITEM,2,-65957
FITEM,2,65964
FITEM,2,-65969
FITEM,2,65976
FITEM,2,-65981
FITEM,2,65988
FITEM,2,-65993
FITEM,2,66000
FITEM,2,-66005
!*
/GO
D,P51X,,,,,UX,UZ,,,
! *****
! Condição para que todos os nós da superfície de aplicação da carga tenham o mesmo deslocamento
! *****
NSEL,S,LOC,Y,488.62-.001,488.62+.001
CP,1,UY,ALL
ALLSEL,ALL
! *****
! Aplicação do carregamento estático no topo da peça de madeira
! *****
NSEL,S,LOC,y,488.62-.001,488.62+.001
F,ALL,Fy,-0.14102 ! (F = 88 kN/624 nos = 0.14102 kN/no)
ALLSEL,ALL
! *****
! Controle do passo de carga e do critério de convergência
! *****

CNVTOL,F,,0.5,2,,
! CNVTOL,M,,0.001,2,,
!*
ANTYPE,0
NLGEOM,1
DELTIM,8,0.1,10
OUTRES,ERASE
OUTRES,NSOL,1
OUTRES,RSOL,1
OUTRES,ESOL,1
OUTRES,NLOA,1
OUTRES,STRS,1
OUTRES,EPEL,1
OUTRES,EPPL,1
OUTRES,EPCR,1
TIME,88

```

```
! *****  
! Escolhe a opção modelo estrutural para rodar o modelo  
! *****  
/NOPR  
/PMETH,OFF,0  
KEYW,PR_SET,1  
KEYW,PR_STRUC,1  
KEYW,PR_THERM,0  
KEYW,PR_FLUID,0  
KEYW,PR_ELMAG,0  
KEYW,MAGNOD,0  
KEYW,MAGEDG,0  
KEYW,MAGHFE,0  
KEYW,MAGELC,0  
KEYW,PR_MULTI,0  
KEYW,PR_CFD,0  
/GO  
!*  
/COM,  
/COM,Preferences for GUI filtering have been set to display:  
/COM, Structural  
! *****  
! Rodar o modelo  
! *****  
/SOLU  
SOLVE  
! *****
```