



**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA VARIABILIDADE DE MEDIÇÕES
DIMENSIONAIS E DE RUGOSIDADE DO PINUS ELIOTTII,
EUCALIPTO CITRIODORA, POLIMERO TECHNYL E AÇO 1045**

**STATISTICAL ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF
DIMENSIONAL AND RUGGED MEASUREMENTS OF PINUS
ELIOTTII, EUCALYPTUS CITRIODORA, POLYMER
TECHNYL AND STEEL 1045**

Mariana Pinto Nogara¹

Daniel de Albuquerque Galdeano Tesser²

Renam Fernando de Araujo Assis³

Bruno Lopes Francisco⁴

Sueli Souza Leite⁵

Vinicius Giraldelli Salandim⁶

RESUMO: A procura por qualidade em seus produtos e enxuto de processo mecânicos designam as empresas buscar qualidade em suas matérias primas, para que possa gastar menos com processos mecânicos e economizar com o tempo de produção de seus produtos. Este artigo abordará a análise estatística das medições de corpos de prova, realizadas com o instrumento de medição – o paquímetro e rugosímetro - dos materiais: Pinus eliottii, Eucalipto citriodora, Polímero technyl e Aço 1045, concluindo neste artigo que a

¹ Graduanda em Engenharia de Produção, Unitoledo

² Graduando em Engenharia de Produção, Unitoledo

³ Graduando em Engenharia de Produção, Unitoledo

⁴ Graduando em Engenharia de Produção, Unitoledo

⁵ Mestre em Engenharia Mecânica, Unesp

⁶ Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

rugosidade influencia na trabalhabilidade do material, o aço 1045 e o polímero technyl apresentam melhor acabamento superficial em relação aos demais materiais analisados.

Palavras chave: Rugosidade; Pinus; Eucalipto; Polímeros; Aço 1045.

ABSTRACT: The quest for quality in their products and lean mechanical process designate companies to seek quality in their raw materials, so you can spend less on mechanical processes and save on the time of production of your products. This paper will address the statistical analysis of the measurements of specimens made with the measuring instrument - the pachymeter and rugosimeter - of the materials: Pinus eliottii, Eucalyptus citriodora, Polymer technyl and Steel 1045, concluding in this article that the roughness influences the workability of the material, 1045 steel and the technyl polymer present better surface finish than the other materials analyzed.

Keywords: Roughness; Pinus; Eucalyptus; Polymers; Steel 1045.

1. INTRODUÇÃO

Conhecer as propriedades dos materiais com que se trabalha é o passo inicial para a fabricação de um produto pois são as características que diferenciam uma matéria da outra. Para um melhor aproveitamento das características do material é analisado seu acabamento superficial que é medido através da rugosidade que pode afetar diretamente na qualidade do produto, tanto na parte estética, quanto na vida útil e até em sua dimensão, devido a sua importância acabou-se tornando um parâmetro para conformidade da peça, segundo a norma ABNT NBR 6405 (1985) a rugosidade é o conjunto de irregularidades, isto é, pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam uma superfície.

A estatística é uma ciência que se dedica à coleta, análise e interpretação de dados. Preocupa-se com os métodos de recolha, organização, resumo, apresentação e interpretação dos dados, assim como tirar conclusões sobre as características das fontes donde estes foram retirados, para melhor compreender as situações. (TRIOLA, 2008)

“Quando você pode medir aquilo de que fala e expressá-lo em números, você sabe alguma coisa sobre isto. Mas quando você não pode medi-lo, quando você não pode expressá-lo em números, o seu conhecimento é limitado e insatisfatório. Se você não pode medir algo, não pode melhorá-lo.” (Lord Kelvin)

2. OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é analisar estatisticamente por meio do *software R*, a variabilidade das medições de dimensionamento e de rugosidade dos seguintes materiais: Pinus, Eucalipto, Polímero e Aço 1045, além de apresentar conceitos que justifiquem o mesmo, exemplificar as vantagens e desvantagens de cada material.

3. REVISÃO TEÓRICA

3.1 Metrologia : Conceito e aplicabilidade

Segundo Inmetro, define-se Metrologia como a ciência das medidas e suas aplicações. Ela abrange todos os aspectos teóricos e práticos que asseguram a precisão exigida no processo produtivo, procurando garantir a qualidade de produtos e serviço mediante a calibração de instrumentos de medição, sejam eles analógicos ou eletrônicos (digitais), e da realização de ensaios sendo a base fundamental para a competitividade das empresas.

Uma das funções básicas no Sistema de Garantia de Qualidade é a Metrologia. A execução da qualidade depende principalmente da quantificação das características do produto e do processo. A quantificação é obtida por meio de (SILVA NETO, 2012):

- Definição de unidades padronizadas, conhecidas por unidades de medida, que permitam a conversão de abstrações, como comprimento e massa, em grandezas quantificáveis como o metro, o quilograma etc.
- Instrumentos que são calibrados em termos dessas unidades de medida padronizadas.
- Uso desses instrumentos para quantificar ou medir as “dimensões” do produto ou processo de análise.

Segundo Silva Neto, nesse item inclui-se o executor da operação, que talvez seja o mais importante no processo, pois é a parte inteligente na apreciação das medidas e é de sua habilidade que depende, em grande parte, a precisão conseguida. Assim, é necessário ao executor da operação conhecer o instrumento, adaptar-se às circunstâncias e escolher o método mais aconselhável para interpretar os resultados.

3.2 Rugosidade superficial

Por mais perfeita que seja a superfície de um material, ela apresenta particularidades que são heranças do método empregado em sua obtenção. A rugosidade, também conhecida como textura primária consiste em erosões microscópicas deixadas pelas ferramentas de corte. (SILVA NETO, 2012)

A rugosidade encontra-se sempre sobreposta ao perfil da ondulação, onde a ondulação corresponde às ondas comprimento maior que a amplitude (SILVA NETO, 2012)

O principal instrumento de medição utilizado para medir a rugosidade é o rugosímetro, um aparelho que mostra o perfil da peça analisada, composto por rugosidades e ondulações. (SILVA NETO, 2012)

3.3 Tipos de materiais e suas características

A escolha do material que irá ser trabalhado no processo produtivo é extremamente importante a nível estratégico, tático e operacional, pois essa escolha pode trazer vantagens e desvantagens competitivas dentre as outras empresas do mesmo ramo ou setor. Um material que não possibilita um melhor acabamento, ou seja, com maior rugosidade dificulta o processo de produção, pois se demanda mais tempo, custo com lixamento, pintura, energia elétrica, mão de obra, hora extra, entre outros e até retrabalho em alguns dos casos, por outro lado a escolha de um material que possibilite um melhor acabamento, ou seja, menor rugosidade facilita o processo produtivo onde se elimina a necessidade de algumas etapas de acabamento, diminui o tempo de produção, garante um prazo de entrega menor, economiza custos de produção com a de materiais para finalização do produto, mão obra e maquinário.

3.2 *Pinus Elliottii*

Existem duas variedades de *Pinus elliottii*: a var. *elliottii*, que é típica e ocorre no sul dos Estados Unidos, onde é amplamente plantada para a produção de madeira destinada

ao processamento mecânico, bem como para a produção de celulose, papel e extração de resina; e a var. *densa*. Esta variedade ocorre em área com temperaturas mais elevadas, em baixa altitude, restrita ao extremo sul do estado da Flórida, onde ocorrem chuvas estacionais, predominantemente no verão, com pequena deficiência hídrica no inverno e na primavera (EMBRAPA, 2014).

Eleotério e Malchiorretto (2003) relatam que a madeira de *Pinus* pode ser considerada leve, de baixa durabilidade natural, fácil trabalhabilidade, secagem e impregnação. Além disto, caracterizam-se pelo seu alburno como de coloração que varia de branco a amarelado claro, enquanto o cerne é rosado e, frequentemente, indistinguível, já os anéis de crescimento são bem marcados, de coloração marrom. A madeira possui grande quantidade de nós e sua produção de resina é baixa, apresentando textura ligeiramente grossa e irregular, com grã reta e espiralada.

A contração e o inchamento da madeira correspondem às alterações na quantidade de água de impregnação, isto é, a secagem ou o ganho de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. A maior alteração dimensional da madeira se manifesta no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguida pela dimensão radial, sendo praticamente desprezível no sentido longitudinal (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

Com relação à utilização, a madeira dessa espécie é indicada para a produção de madeira serrada, peças de móveis, painéis compensados e aglomerados e como possui baixo teor de resina, pode também ser empregada como matéria-prima na produção de polpa celulósica (ELEOTÉRIO; MELCHIORETTO, 2003).

3.3 Eucalipto Citriodora

A literatura reporta algumas características das árvores de eucalipto, como tronco retilíneo, desrama natural e formação de madeira com variações de densidade, coloração, textura e desenho, importantes para a aplicação em movelaria (CALORI e KIKUTI, 1997). No entanto, a madeira de eucalipto utilizada na fabricação de móveis apresenta, de modo geral, características tecnológicas consideradas inapropriadas considerando que provêm de plantações florestais destinadas às indústrias de celulose, chapas, carvão, etc. (LIMA, 2005).

O eucalipto citriodora é uma madeira excelente para serraria, no entanto, requer o uso de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de

crescimento. Apresenta boas características de aplainamento, lixamento, furação e acabamento. (IPT,1997)

Assim como o teor de umidade, as alterações dimensionais na madeira não são isotrópicas (GALVÃO; JANKOVSKY, 1985), comportando-se diferentemente nas direções radial, longitudinal e tangencial. Essas alterações são responsáveis pelos principais defeitos de secagem como empenamentos, rachaduras etc. As variações dimensionais, aliadas às características anisotrópicas, são indesejáveis do ponto de vista prático, e vários pesquisadores têm tentado minimizá-las através de tratamentos químicos ou físicos.

3.4 Polímero technyl

O Technyl (marca registrada da Rhodia) é o nome comercial de uma família de polímeros, cuja estrutura química é baseada na poliamida porém reforçada com fibras minerais e/ou sintéticas (como a fibra de vidro, por exemplo) e aditivos químicos específicos, visando diminuir o peso específico e principalmente aumentar a resistência mecânica. (4x4, 2003).

A engenharia moderna tem um resultado importante na tecnologia sobre a vida cotidiana facilitando a modelagem de diversos polímeros durante a fabricação. O polímero pertence a categoria do plástico, que de acordo com o Dicionário Aurélio de Língua Portuguesa significa “Tipo de resina sintética, modelável, de grande importância industrial.”

Por esse motivo, tais materiais sintéticos, que são desenvolvidos artificialmente, ou fabricados por seres humanos, são um ramo especial da química orgânica. “O ‘mero’ em um polímero é uma única molécula de hidrocarboneto, como etileno (C₂H₄). Os polímeros são moléculas de cadeia longa compostos de meros juntos. O polímero comercial mais comum é o polietileno (C₂H₄)_n, onde n pode variar desde aproximadamente 100 até 1.000.” (SHACKELFORD, James F./2008 – pág. 06 e 07)

Os polímeros são alternativas de baixo custo, leves, altamente versáteis e muito resistentes, comparando com a cerâmica que são frágeis e aos metais nas aplicações de desenho estrutural por serem mais difíceis de se modelarem.. Ultimamente existem estudos Os polímeros por serem mais práticos e seu valor ser mais acessível, possuem mais resistência à deformação e seu ponto de fusão é mais baixo e projetos para desenvolverem

polímeros com maior resistência e rigidez, para serem capazes de substituírem os metais estruturais tradicionais. (CARELLI, G)

3.5 Aço 1045

Segundo Chiaverini, o aço é uma liga de natureza relativamente complexa e a definição não é simples, visto que, a rigor os aços comerciais não são ligas binárias: de fato, apesar dos seus e principais elementos de liga serem o ferro e o carbono, eles contêm sempre outros elementos secundários, presentes devido aos processos de fabricação.

O aço é um material importante para o funcionamento da economia, pois por meio dele têm-se o encadeamento de diversas cadeias produtivas, visto que é aplicado no setor automobilístico, industrial e civil. Dentre os diferentes tipos de aço, há o aço SAE 1045, o qual é aplicado principalmente para fabricação de eixos em geral, cilindros, equipamentos ferroviários, engrenagens, virabrequins, além de ser importante para a fabricação de produtos na indústria petrolífera e para peças de máquinas que necessitam de elevadas resistências mecânica. (AZEVEDO; FARIAS, 2002)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram medidos 4 corpos de prova dos seguintes materiais, pinus eliottii, eucalipto citriodora, polímero technyl e aço 1045, apresentados nas Figuras, 1, 2, 3 e 4.



Figura 1: Corpo de prova – Pinus eliottii



Figura 2: Corpo de prova – Eucalipto citriodora



Figura 3: Corpo de prova – Polímero technyl



Figura 4: Corpo de prova - Aço 1045

Utilizou-se um paquímetro da marca MARGERG, que é um instrumento usado para medir as dimensões lineares internas, externas e de profundidade de uma peça, para a realização das medições do comprimento, largura e espessura de cada corpo de prova, realizada por 4 pessoas diferentes. E em seguida usou o rugosímetro, obtendo-se 6 valores de rugosidade média (R_a) e rugosidade total (R_t) de cada corpo de prova. As medidas

foram coletadas e planificadas em uma tabela no Excel, para ser posteriormente analisada estatisticamente no *software R*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as tabelas totalmente preenchidas e formatadas, utilizou-se *software R* para gerar um gráfico *box plot* para avaliar os números coletados no experimento, se as medições são confiáveis, calcular as médias, medianas, desvio padrão, entre outros, também gerou-se gráficos para demonstrar a pontualidade de cada tipo de medição. Além das informação geradas pelo programa, pode-se analisar de maneira mais visual o comportamento de cada material, por exemplo, no gráfico, o bloco com maior comprimento significa que houve maior variação das medidas coletadas.

O primeiro gráfico gerado foi sobre o comprimento dos materiais, como mostra a Figura 5

Legenda: Cp – comprimento do pinus eliottii / Ce – comprimento do eucalipto citriodora / C1045 – comprimento do aço 1045 / Ct – comprimento do technyl

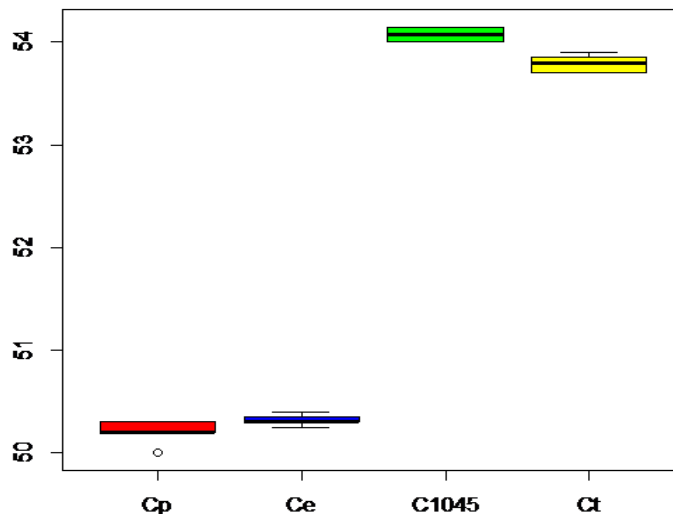


Figura 5: Gráfico do Comprimento

Após observar o gráfico do comprimento, pode-se concluir que o eucalipto citriodora apresentou menor variância nos dados. O segundo gráfico gerado foi sobre a largura dos materiais, como mostra a Figura 6.

Legenda: Lp – largura do pinus eliottii / Le – largura do eucalipto citriodora / L1045 – largura do aço 1045 / Lt – largura do technyl

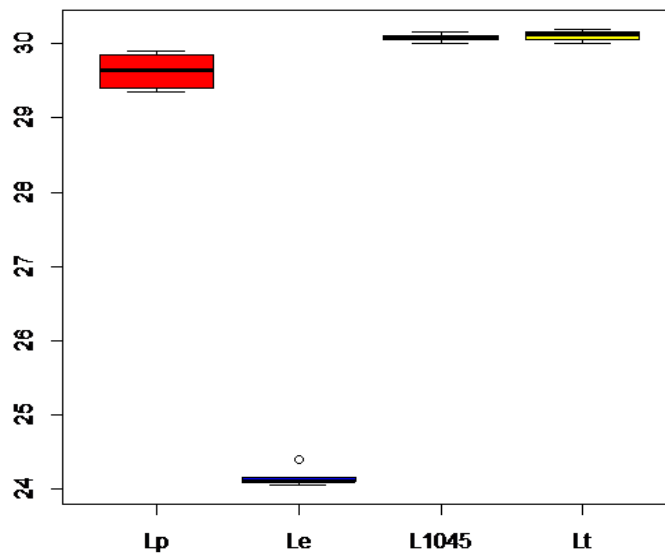


Figura 6: Gráfico da Largura.

Analisando o gráfico da largura, pode-se concluir que o aço 1045 apresentou menor variância nos dados coletados. O terceiro gráfico, conforme mostra a Figura 7, apresenta as medidas das espessuras.

Legenda: Ep – espessura do pinus eliottii / Ee – espessura do eucalipto citriodora / E1045 – espessura do aço 1045 / Et – espessura do technyl

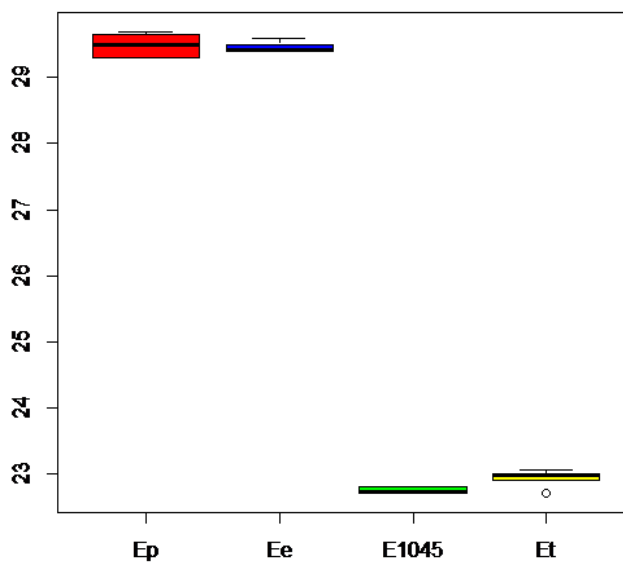


Figura 7: Gráfico da espessura.

De acordo com o gráfico da espessura, conclui-se que o aço 1045 apresentou menor variância nos dados. Com a análise das medidas coletadas, pode-se dizer que o aço 1045 possui menor variância em relação aos demais materiais analisados.

Abaixo, segue o gráfico da rugosidade dos materiais, com a rugosidade e a rugosidade máxima:

Legenda: Rmp – rugosidade do pinus eliottii / Rmaxp – rugosidade máxima do pinus eliottii / Rme – rugosidade do eucalipto citriodora / Rmaxe – rugosidade máxima do eucalipto citriodora – Rm1045 – rugosidade do aço 1045 / Rmax1045 – rugosidade máxima do aço 1045 / Rmt – rugosidade do polímero technyl / Rmaxt – rugosidade máxima do polímero technyl

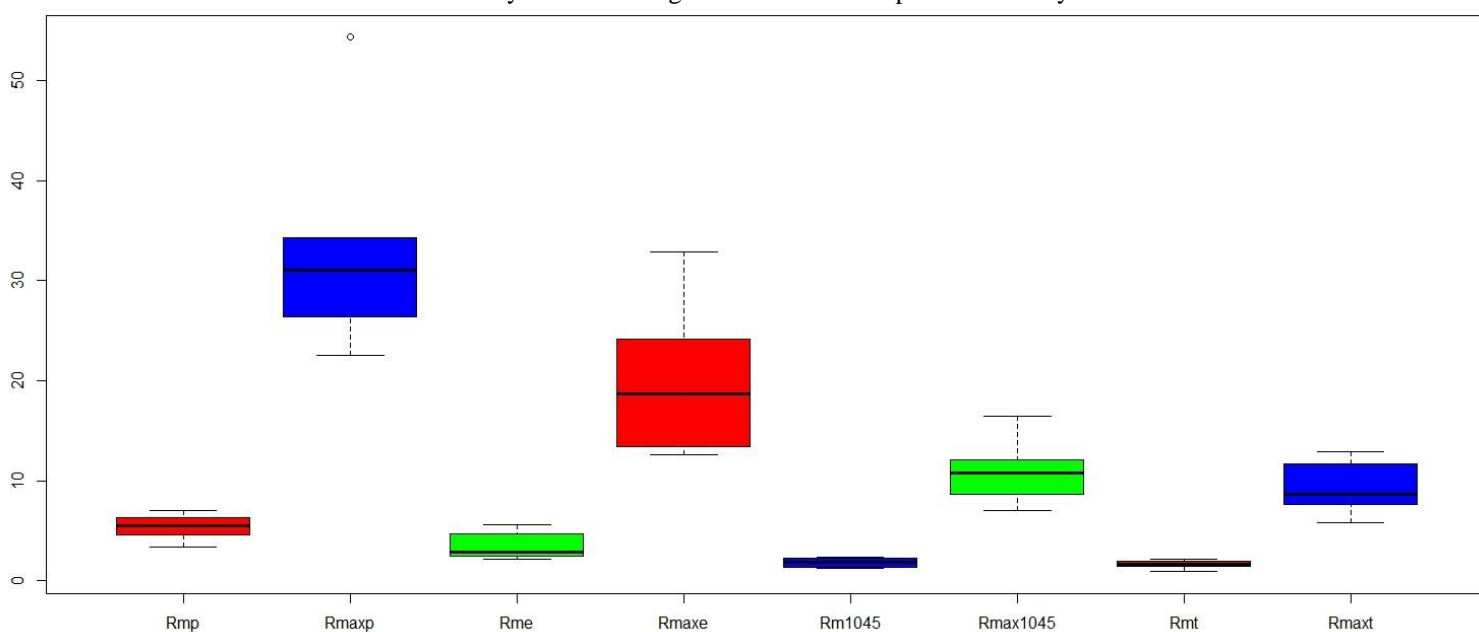


Figura 8: Gráfico da Rugosidade.

De acordo com o gráfico da figura 8, podemos observar que os valores da rugosidade mínima do technyl apresentam menor variância e a rugosidade máxima do eucalipto citriodora apresenta maior variância. Analisando os dois valores de cada material (rugosidade e rugosidade máxima) pode-se concluir que o technyl e o aço 1045 apresentam melhores acabamentos superficiais.

7. CONCLUSÕES

Concluimos neste artigo que a rugosidade de um material, afeta tanto na qualidade, quanto, na trabalhabilidade do mesmo. Quanto maior a sua rugosidade, melhor acabamento por meio de grãos abrasivos será necessário. A análise estatística por meio do *software R*, facilita a visualização e a comparação entre os dados.

Dentre os materiais analisados, pode-se constatar que o polímero technyl e o aço 1045 apresentam melhor acabamento superficial e as duas madeiras observadas apresentam maior rugosidade. Pode-se concluir que mesmo que materiais distintos sejam submetidos aos mesmos processos, o comportamento variará, isso em razão das propriedades de cada material, cada um se comporta de maneira diferente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. G. L. de AZEVEDO, J. P. FARIAS, Aplicação da Técnica da Dupla Camada na Soldagem do Aço ABNT 1045, 108 (2002).

AURÉLIO, Dicionário. Significado de plástico. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/plastico>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. Informação E Documentação – Referências – Elaboração. NBR 6405:1985 Rio De Janeiro: ABNT, 2002.

CALORI, J.V.; KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURA AND IMPROVEMENT ON EUCALYPTS, 1997, Salvador. Proceedings ... Salvador: Embrapa; IPEF; SIF; SEAGRI-DDF, 1997. v. 3, p. 321–326.

CARELLI, Giulia C. – Disponível em: < <http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/quimica-alimentos/9-razoes-investir-polimeros/>> Acesso em 25 mai 2018.

CHIAVERINI, Vicente. Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.

Espécies de pínus mais plantadas no Brasil - Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3715&p_r_p_-996514994_topicoId=3229#topodapagina> Acesso em: 29 mai. 2018.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOVSKY, I. Secagem racional da madeira. São Paulo, Nobel, 1985. 112p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo: ABPM, 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36).

LIMA, I. L. Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. 2005. 161 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Recursos Florestais)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J.R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica, XVIII, 2003, Blumenau, SC. Anais... Blumenau, 2003. Disponível em: Acesso em: 21 jan. 2010.

OLIVEIRA, J. T. S; SILVA, J. C; Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

Paquímetro: Onde vou usar? Pra que serve? – Disponível em: <<http://www.ferramentaskennedy.com.br/loja/blog/paquimetro-onde-vou-usar-para-que-serve/>> Acesso em: 09 mai. 2018.

SHACKELFORD, James F. – Introdução à ciência dos materiais para engenheiros/ James F. Shackelford; Tradução: Daniel Vieira; revisão técnica Nilson C. Cruz. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. Capítulo I – Polímeros, páginas 06 a 07.

SILVA NETO, João Cirilo da. Metrologia e controle dimensional/João Cirilo da Silva Neto. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2012 pag 07 a 08, e 86.

Technyl x Nylon Disponível em: < <http://www.4x4brasil.com.br/forum/forum-geral-4x4-brasil/426-tecnil-nylon.html>> Acesso em 30 mai. 2018.

TRIOLA, Mário F. *Introdução à Estatística*. LTC. 10a edição 2008. 722p