

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE VIGAS DE *PINUS ELLIOTTII* IN NATURA E TRATADAS COM CCA

Leandro Buzzanello de Costa(1), Márcio Vito (2);

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)[leandro\\_buzzanello@msn.com](mailto:leandro_buzzanello@msn.com), (2)[marciovito@unesc.net](mailto:marciovito@unesc.net)

### RESUMO

A utilização da madeira de reflorestamento tem sido crescente nos últimos anos, por possuir um ciclo de crescimento curto e baixa necessidade de um solo rico em nutrientes. Mais de 35% da madeira serrada produzida no Brasil é proveniente da madeira de *pinus*. No entanto a falta de conhecimento e o preconceito para com o uso na construção civil é um fator a ser vencido mesmo nos dias atuais. O objetivo principal deste trabalho é analisar a resistência mecânica da madeira de *pinus* tratada com o preservativo químico CCA, comparando-a com a madeira de *pinus* em seu estado natural, para a construção de obras em estrutura de madeira. Para isso foram realizados ensaios de umidade, flexão estática a quatro pontos, microscopia, tração, compressão e dureza. Estes ensaios foram realizados em oito amostras de vigas de madeira de *Pinus Elliottii* com seção transversal quadrada de 10,5 cm e comprimento de 100 cm, sendo quatro vigas tratadas e quatro vigas de madeira em seu estado natural. O preservativo químico escolhido foi CCA do tipo C por ser o mais utilizado no Brasil. Através dos resultados obtidos pelos experimentos realizados a madeira tratada obteve um acréscimo de resistência bastante significativo em relação às amostras sem tratamento, a madeira tratada teve um ganho de 85,30% em sua resistência á flexão. Também houve um ganho na sua rigidez, verificados pelos resultados dos ensaios de compressão, onde o acréscimo de resistência foi de 32,30%, dureza aonde o ganho de resistência chegou a 86,72% no sentido paralelo as fibras, e 150,72% no sentido perpendicular. Apenas na tração não teve uma diferença significativa.

Palavras-chave: CCA, madeira tratada, resistência mecânica, *pinus*.

### INTRODUÇÃO

Madeira de reflorestamento, o *pinus* foi introduzido com sucesso no Brasil nos anos 50, proveniente da América do Norte. Com o risco de escassez de arvores adultas de grandes diâmetros a demanda de matéria prima proveniente das florestas fez comum a plantação de arvores de ciclos de curtos. Os plantios mais extensos foram estabelecidos nas Regiões Sul e Sudeste.

A utilização da madeira de reflorestamento tem sido crescente nos últimos anos. Mais de 35% da madeira serrada produzida no Brasil é proveniente da madeira de *pinus*. O rápido crescimento e a baixa necessidade de um solo rico em nutrientes tornou sua produção viável em diversas regiões do Brasil. A madeira de *pinus* é geralmente destinada a indústria onde são fabricados compensados, papel e celulose, MDF (placas de fibras de madeira de média densidade), e até mesmo seu resíduo é aproveitado como biomassa para gerar vapor e energia. (MARTO, 2009)

A madeira utilizada foi da espécie *Pinus Elliottii*. Das espécies de *pinus* plantadas no Brasil, o *Pinus Elliottii* destaca-se por apresentar viabilidade na produção de resinas, madeira serrada em geral, madeira roliça (postes e moirões), polpa e papel, e painéis laminados e particulados. O conhecimento da qualidade da madeira desta espécie de *pinus* é indispensável para que produtos oriundos desse material possam ganhar mercado e estabelecer um conceito cada vez mais favorável entre os consumidores.

Segundo Júnior (2002) a utilização do *pinus* na construção civil é muito pequena devido preconceito por parte de engenheiros e arquitetos que desconhecem as recomendações para a utilização tecnológica desse material. De acordo com o mesmo autor o pensamento de que a madeira possui pequena vida útil tem feito com que seu uso seja evitado. Mesmo que a madeira esteja sujeito ao ataque de insetos e fungos em seu estado natural, existem processos de tratamento com preservativos químicos que garantem sua proteção contra deterioração por pelo menos 50 anos. Além do que, a madeira tratada requer pouca manutenção e pintura.

De acordo com a NBR 7190:1997 para estruturas de madeira devem ser empregadas apenas madeiras tratadas de espécies que apresentem boa resistência natural e possuam boa permeabilidade aos líquidos preservativos.

O tratamento com preservativo químico da madeira mais utilizado no mundo é o CCA, ele consiste em submeter a madeira à impregnação de preservativo classificado quimicamente como Arseniato de Cobre Cromatado, protegendo a madeira contra o apodrecimento por fungos, ataque por insetos ou brocas marinhas. No Brasil, o tipo mais utilizado é classificado pela norma NBR 8456:1984, como tipo

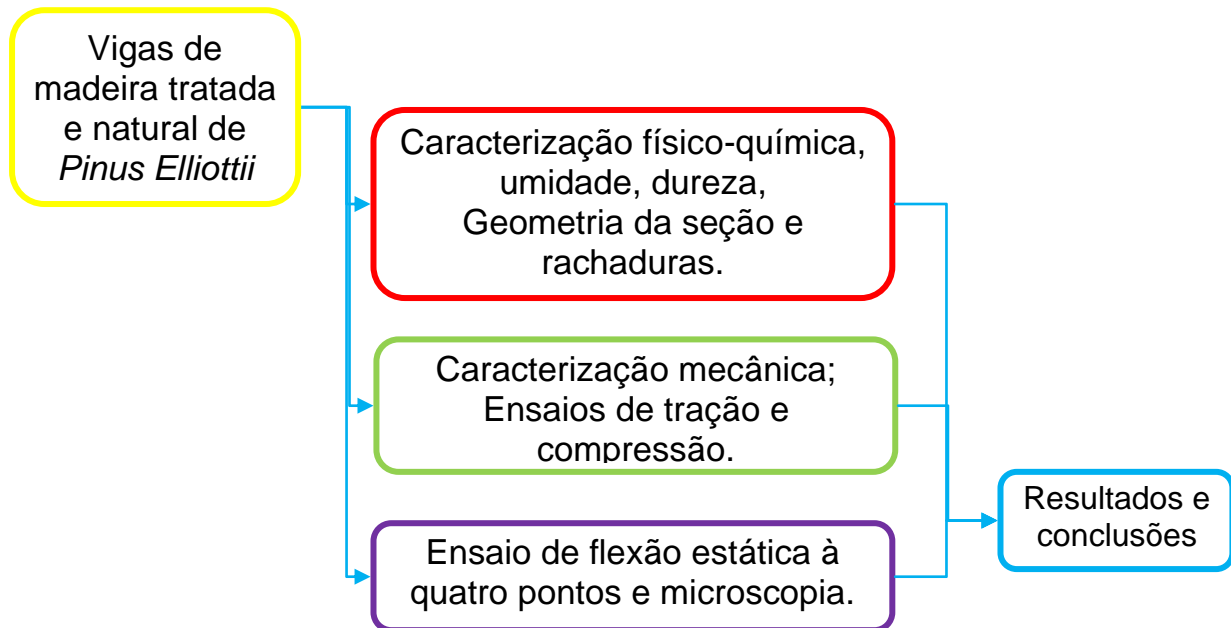
C, apresentando cromo (CrO<sub>3</sub>) em maior quantidade (47,5 %), cobre (CuO) 18,5 %, e arsênico (As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 34,0 %. (AWPA, 1996 apud APPEL et al 2006)

O objetivo principal deste trabalho foi analisar a resistência mecânica da madeira de *pinus* tratada com o preservativo químico CCA do tipo C, comparando-a com a madeira de *pinus* em seu estado natural, contribuindo assim para construção de estruturas de madeira mais seguras. De acordo com Souza (2006) no Brasil as normas disponíveis sobre o assunto não se aplicam ao uso da madeira preservada na construção civil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As partes experimentais deste trabalho foram desenvolvidas no IDT (Instituto de Engenharia e Tecnologia) e no LEE (Laboratório Experimental de Estruturas) do I-Parque (Parque Científico e Tecnológico) que pertence a UNESC (Universidade do Extremo Sul Catarinense). Todas as vigas foram ensaiadas em laboratório até a ruptura, através do ensaio de flexão estática a quatro pontos e posteriormente foram comparados os resultados a fim de verificar as consequências do tratamento da madeira na resistência mecânica do *pinus*. Também foram realizados os ensaios de tração, compressão, umidade e dureza com a mesma finalidade. Além destes ensaios ainda foram verificadas as condições das fibras da madeira, após o ensaio de flexão, através da microscopia. Os ensaios foram executados de forma a atender a norma, NBR 7190:1997. Os materiais utilizados nesse trabalho são vigas de madeira de *pinus Elliottii*, sendo quatro vigas de madeira de *pinus* natural e quatro vigas de madeira de *pinus* tratada pelo processo CCA. O fluxograma apresenta as atividades desenvolvidas (figura 01).

Figura 01: Fluxograma



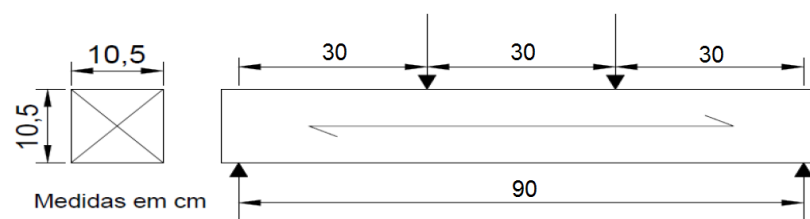
Fonte: Autor, 2015

## 2.1 ENSAIOS DE FLEXÃO

Para o ensaio de flexão a quatro pontos foram ensaiados oito amostras, sendo quatro amostras de madeira de *Pinus Elliottii* tratadas e quatro amostras sem tratamento todas com seção transversal quadrada de 10,5 cm e comprimento de 100 cm (vão teórico de 90 cm), como mostra a Figura 02. Os ensaios realizados foram executados de forma a atender o item 10.2.1 da NBR 7190:1997, a qual determina que a largura mínima a ser adotada por uma viga a ser ensaiada é de 5 cm e que a área da seção transversal deve ser maior ou igual a 50 cm<sup>2</sup>.

As amostras foram tratadas pelo processo de impregnação em autoclave com preservativo CCA, classificadas como tipo C pela norma NBR 16202:2013.

Figura 02: Corpos de prova utilizados no ensaio de flexão



Fonte: Autor, 2015

Cada amostra foi então dividida em três partes iguais, onde foram apoiados os pontos de carga, formando quatro pontos com as duas extremidades. Além disso, foi colocado um sensor LVDT (*Liner Variable Differential Transformer*) para medir o deslocamento linear. Isso pode ser visto na (Figura 03).

Figura 03: Ensaio de flexão estática a quatro pontos.



Fonte: Autor 2015

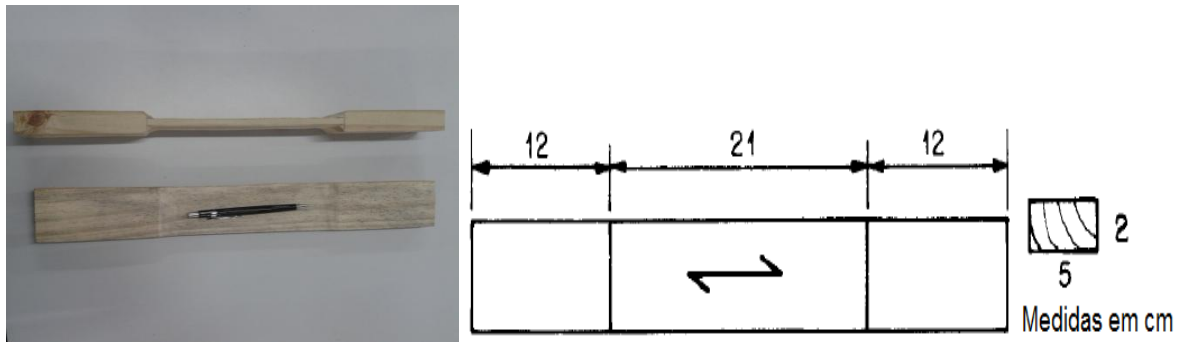
## 2.2 ENSAIOS DE TRAÇÃO, COMPRESSÃO E DUREZA

Os ensaios de tração, compressão e dureza foram realizados posteriormente ao ensaio de flexão estática a quatro pontos, utilizando amostras confeccionadas de madeiras de *pinus* do mesmo lote das madeiras utilizados no ensaio de flexão a quatro pontos, a fim de verificar os resultados obtidos pelo mesmo.

Para o ensaio de tração foram utilizadas duas amostras, sendo uma de madeira de *pinus* tratada e outra de madeira em seu estado natural. Seguindo as especificações do item B.2 e B.9 da NBR 7190:1997.

Os corpos de prova possuíam seção transversal de 5,0 x 2,0 cm com 12 cm de comprimento nas duas extremidades e 5,0 x 0,7 cm com comprimento de 21 cm na parte central como mostra a Figura 04.

Figura 04: Corpos de prova para ensaio de tração paralela às fibras



Fonte: Autor 2015

O equipamento utilizado no ensaio, neste caso, trabalha basicamente por atrito e pressão, aplicados nas garras das amostras, de modo que a ruptura do material fica condicionada à região central da amostra, como apresentado na Figura 05.

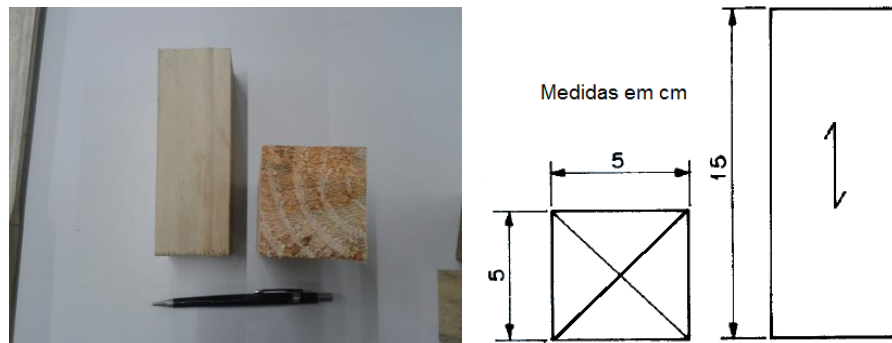
Figura 05: Ensaio de tração paralela às fibras



Fonte: Autor, 2015

Para os ensaios de compressão e dureza também foram utilizadas duas amostras de madeira para cada ensaio, sendo uma tratada e outra natural, as dimensões dos corpos de provas foram as mesmas, atendendo os itens B.10 e B.15 da NBR 7190:1997. Os corpos de prova possuíam seção transversal quadrada de 5,0 cm e 15 cm de comprimento como mostra a figura 06.

Figura 06: Corpos de prova para ensaio de compressão e dureza.



Fonte: Autor, 2015

O equipamento utilizado nos ensaio de tração, compressão e dureza foi a maquina universal de ensaios da EMIC modelo DL30000 com capacidade de 300 KN (30000 kgf), os dados são enviados para um computador onde um software (*Test Script*) reproduz os dados. Como mostram as figuras 07 e 08 foram realizados os ensaios de dureza paralelo e perpendicular às fibras, já o ensaio de compressão foi normal às fibras.

Figura 07: Ensaio compressão.

Figura 08: Ensaio de dureza.



Fonte: Autor 2015



Fonte: Autor 2015

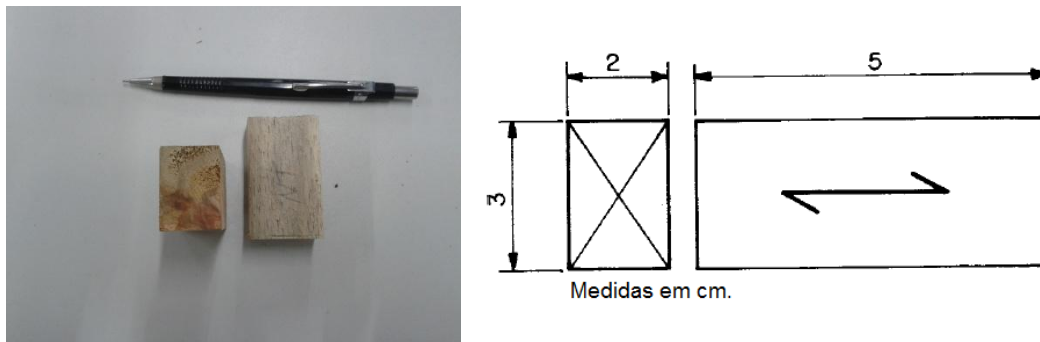


## 2.3 ENSAIO DE UMIDADE

Para caracterização da umidade das amostras, foi utilizado o teste descrito no item B.5 da NBR 7190/1997. Foi medida a umidade das amostras a uma temperatura ambiente de aproximadamente 25° C. Foram retiradas duas amostras, uma de madeira tratada e outra natural com dimensões de 5,0 x 3,0 x 2,0 cm, conforme a norma prescreve (Figura 09). A massa de cada corpo de prova foi verificada e anotada. Em seguida, as amostras foram colocadas em uma estufa de secagem modelo Servitch modelo CT303 sob a temperatura constante de 103° C. Após isso, as peças foram pesadas novamente a cada seis horas, interrompendo a verificação quando a variação de massa não passava de 0,5%. Obteve-se assim, a massa seca de cada corpo de prova.

Nas primeiras 24 horas o valor da massa das amostras estabilizaram e pode-se obter o valor do teor de umidade que foi calculado através da equação definida no item B.5.2 da NBR 7190/1997.

Figura 09: Corpos de prova ensaio de umidade



Fonte: Autor, 2015

## 2.4 MICROSCOPIA

Na microscopia foram analisadas as condições das fibras da madeira, podendo identificar possíveis fissuras e outras anomalias nas amostras, tratadas e não tratadas, que foram retiradas das vigas rompidas do ensaio de flexão. Foram retirados dois corpos de prova do centro de cada viga, um na região mais



comprimida e outro na região mais tracionada, totalizando oito amostras com dimensões de 3,0 x 3,0 x 3,0 cm (Figura 10).

Figura 10: Amostras para microscopia



Fonte: Autor, 2015

O equipamento utilizado foi o microscópio óptico Olympus BX41M-LED (Figura 11), as imagens foram ampliadas 50x e 100x proporcionando uma melhor percepção das amostras estudadas.

Figura 11: Microscópio Olympus



Fonte: Autor, 2015

### 3 RESULTADOS E DISCUÇÕES

#### 3.1 ENSAIO DE UMIDADE

A tabela 01 informa os resultados obtidos através dos procedimentos realizados para se obter o teor de umidade das amostras.

O teor de umidade da madeira corresponde à relação entre a massa de água nela contida e a massa da madeira seca, de acordo com a equação 01.

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{Equação 01}$$

Onde, U é o percentual de umidade da madeira,  $m_i$  e  $m_s$  são as massas inicial e seca, respectivamente, expressas em gramas.

Tabela 01: Teor de umidade

	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Teor de umidade (%)
<b>Tratada</b>	23,01	19,27	19,41
<b>Natural</b>	16,15	13,22	22,16

Fonte: Autor, 2015

#### 3.2 ENSAIO DE DUREZA JANKA

A dureza de um material pode ser definida como a resistência que um corpo sólido apresenta à penetração de outro corpo sólido aplicando uma determinada força. O método da dureza Janka consiste basicamente na determinação da tensão que, atuando em uma das faces de um corpo de prova prismático, produz a penetração de uma semiesfera de aço com área diametral de 1 cm<sup>2</sup>. A dureza da madeira é medida nas direções perpendicular e paralela às fibras. (BORBA, 2008).

Os valores obtidos através destes ensaios estão apresentados na tabela 02, como podemos observar os valores de resistência a penetração da madeira tratada é superior aos valores obtidos para madeira sem tratamento, sendo 86,72% maior no sentido paralelo as fibras, e 150,72% maior no sentido perpendicular.

Tabela 02: Resultados obtidos no ensaio de dureza Janka

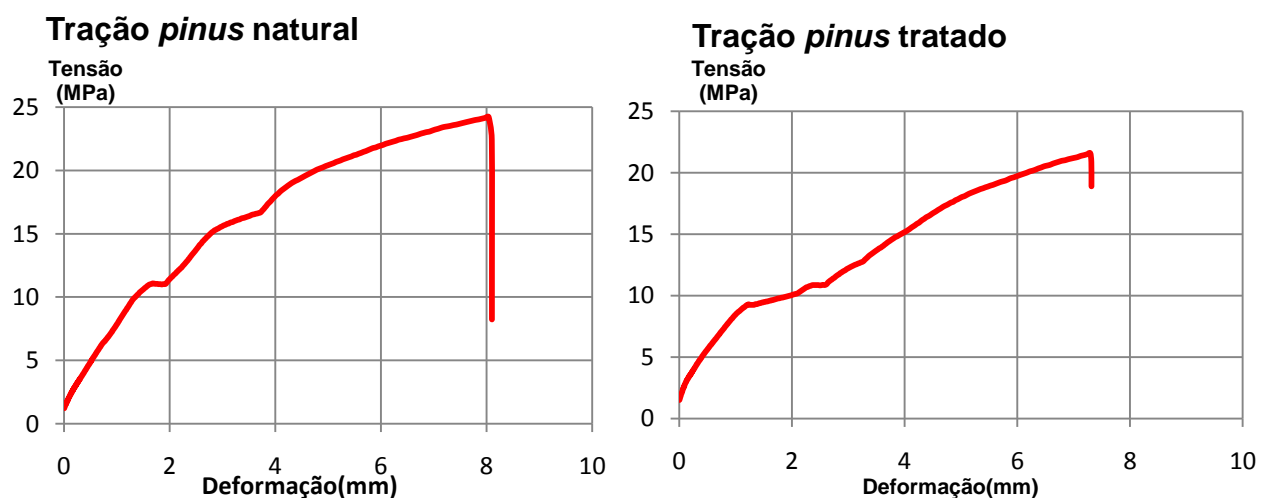
Amostra de madeira		Diâmetro (mm)	Resistência a penetração (Mpa)	Carga máxima (kgf)
Tratada	Paralela	10	13,89	222,44
	Perpendicular	10	11,39	182,38
Natural	Paralela	10	7,44	119,13
	Perpendicular	10	4,54	72,74

Fonte: Autor, 2015

### 3.3 ENSAIOS DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO

No ensaio de tração foram utilizados dois corpos de prova, um tratado e outro natural, como descreve o item 2.3 deste artigo. De acordo com a Figura 12, a tensão máxima de tração paralela as fibras da amostra sem tratamento é 21,57 MPa. A madeira sem tratamento obteve resistência a tração de 24,2 MPa.

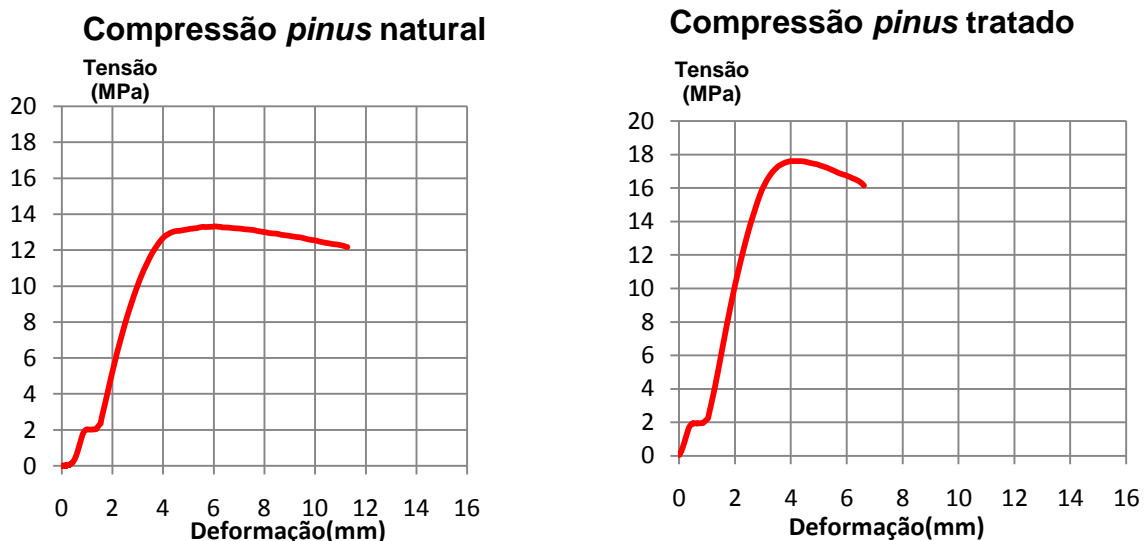
Figura 12: Resultados Tensão x Deformação do ensaio de tração na madeira de *pinus* Tratada e Natural:



Fonte: Autor, 2015

Através dos gráficos, percebe-se que, a diferença entre a maior carga de madeira tratada e a maior carga de madeira natural é de 2,63 MPa. Ambas as amostras obtiveram valores característicos de resistência à tração bem próximos, de apenas 12,19% de diferença, não tendo grande significância. Na figura 13, a resistência a compressão para a madeira sem tratamento é de 13,31 MPa. A madeira tratada obteve tensão máxima de 17,61 MPa.

Figura 13: Resultados Tensão x Deformação do ensaio de compressão na madeira de *pinus* Tratada e Natural:



Fonte: Autor, 2015

Neste caso verifica-se que a madeira tratada obteve valores de resistência a compressão superiores à madeira sem tratamento. Observa-se um acréscimo de 4,3 MPa, ou seja, 32,30% de aumento em sua resistência a compressão.

### 3.4 ENSAIO DE FLEXÃO

Após os ensaios executados, a análise comparativa demonstrou o quanto o tratamento químico, através do processo de impregnação de preservativos do tipo CCA por pressão elevada, da madeira de *Pinus Elliottii* pode influenciar na resistência mecânica dessas madeiras. A seguir, a tabela 03 informa os resultados

obtidos através dos experimentos realizados em laboratório para as amostras de *pinus*. Observa-se que as amostras, obtiveram resultados com desvio padrão semelhantes. As amostras de madeira sem tratamento obtiveram uma média aritmética de 2505,07 kgf, com variação de resistência a flexão entre 1788,33 kgf e 3029,72 kgf. Tendo a amostra N4 suportando a maior carga, rompeu em 119 segundos com carga máxima de 3029,72 kgf e deslocamento de 32,1 mm.

Tabela 03: Ensaio de flexão, resultados experimentais

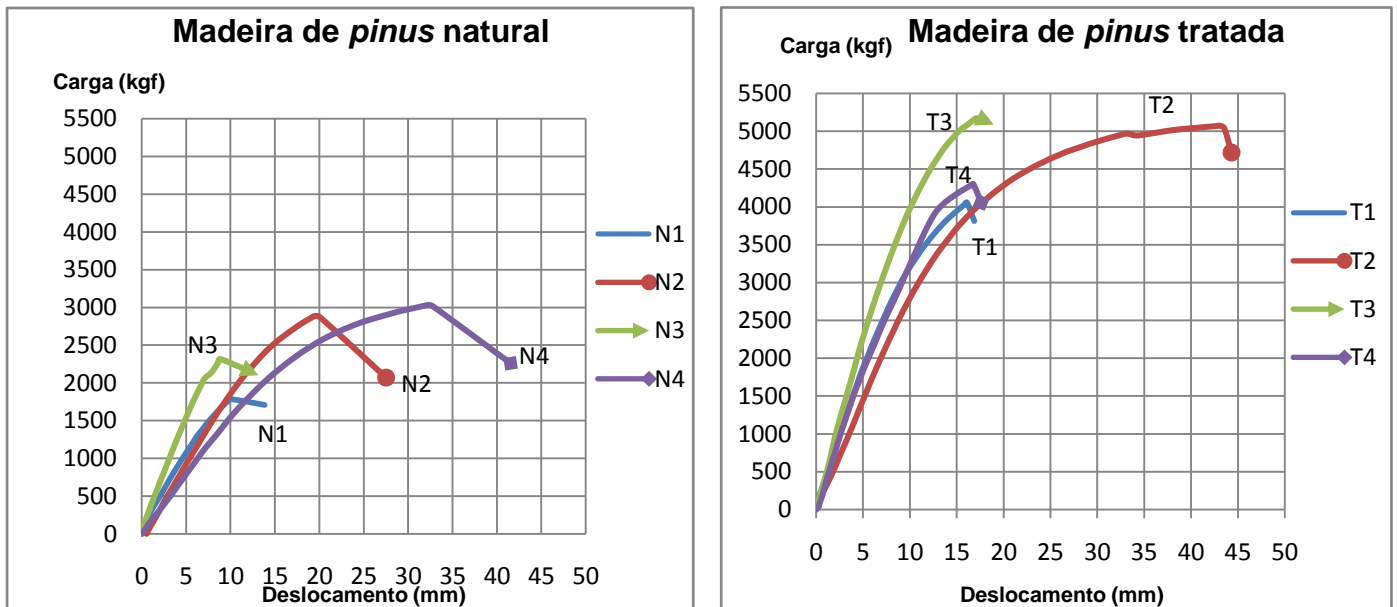
<b>Amostras de madeira</b>	<b>Carga máxima (kgf)</b>	<b>Deslocamento máximo (mm)</b>
<b>Tratada</b>	<b>T1</b>	4056,55
	<b>T2</b>	5071,99
	<b>T3</b>	5208,15
	<b>T4</b>	4230,89
<b>Média e desvio padrão (kgf)</b>	<b>4641,89</b>	<b>±582,29</b>
<b>Natural</b>	<b>N1</b>	1788,33
	<b>N2</b>	2885,41
	<b>N3</b>	2316,83
	<b>N4</b>	3029,72
<b>Média e desvio padrão (kgf)</b>	<b>2505,07</b>	<b>±568,35</b>

Fonte: Autor, 2015

Para as amostra tratadas a média aritmética foi de 4641,89 kgf, variando os valores de tensão máxima entre 4056,55 kgf e 5208,15 kgf. Tendo a amostra T3 suportando a maior carga, rompeu em 80 segundos, com carga máxima de 5208,15 kgf e deslocamento máximo de 17,8 mm, estes resultados podem ser observados na figura 14. Comparando as médias aritméticas para os dois conjuntos de amostras, tratadas e naturais é possível perceber que as madeiras tratadas com preservativo químico CCA, obtiveram um acréscimo médio de carga de 2136,82 kgf que representa 85,30% de resistência mecânica superior se comparado às amostras em seu estado natural. Podemos observar melhor esses resultados na figura 15 que apresenta a média dos ensaios, apontando a diferença de resistência entre a madeira tratada e a madeira natural. Estes resultados comprovam um aumento de

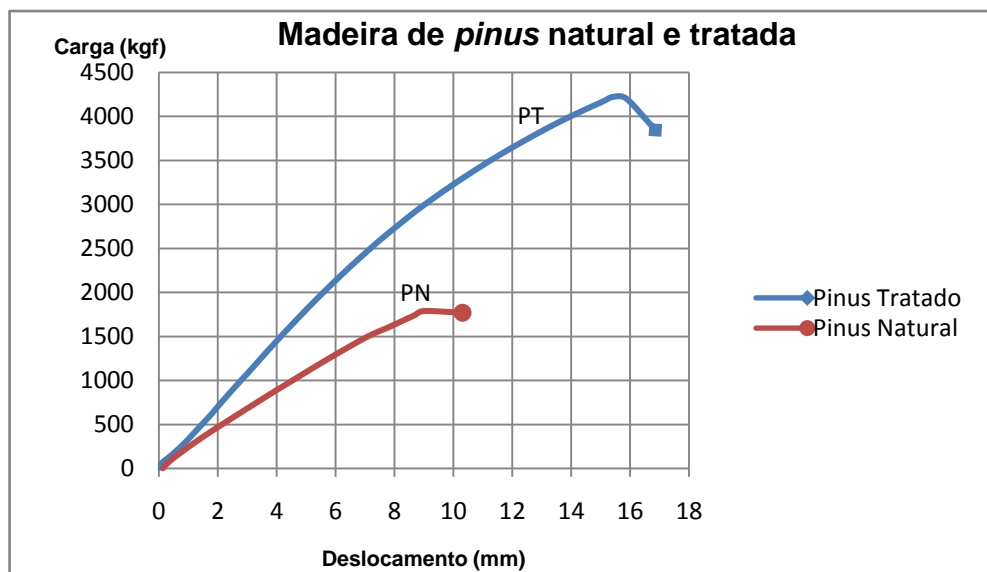
resistência da madeira tratada de *pinus* em relação à madeira de *pinus* em seu estado natural.

Figura 14: Curva de Carga x Deslocamento do ensaio de flexão



Fonte: Autor, 2015

Figura 15: Curva de Carga x Deslocamento, valores médios do ensaio de flexão



Fonte: Autor, 2015

Winandy (1992) afirma que a madeira tratada com preservativos hidrossolúveis reduzem as propriedades mecânicas da madeira e que seus efeitos estão diretamente relacionados à espécie da madeira, suas propriedades mecânicas e químicas, preservativo químico utilizado, retenção e secagem.

Segundo Souza (2014) o processo de tratamento, com preservativo químico CCA do tipo C, aumenta a resistência da madeira se comparado à madeira sem nem um tipo de tratamento, tanto na resistência a flexão quanto na tração. De acordo com o mesmo autor a madeira sem tratamento é um material mais rígido, e portanto mais frágil. Os efeitos do CCA do tipo C foram estudados por Souza (2014) em madeira de *Eucalyptus Citriodora* com amostras de dimensões de 10,5 x 10,5 x 200 cm objetivando a utilização da madeira na construção civil.

Nos experimentos realizados, observando os resultados obtidos das amostras com o mesmo processo de tratamento químico, pode-se verificar que os resultados não se repetiram. A madeira tratada ganhou resistência mecânica, porém se tornou um material mais rígido, ganhando resistência à compressão e dureza.

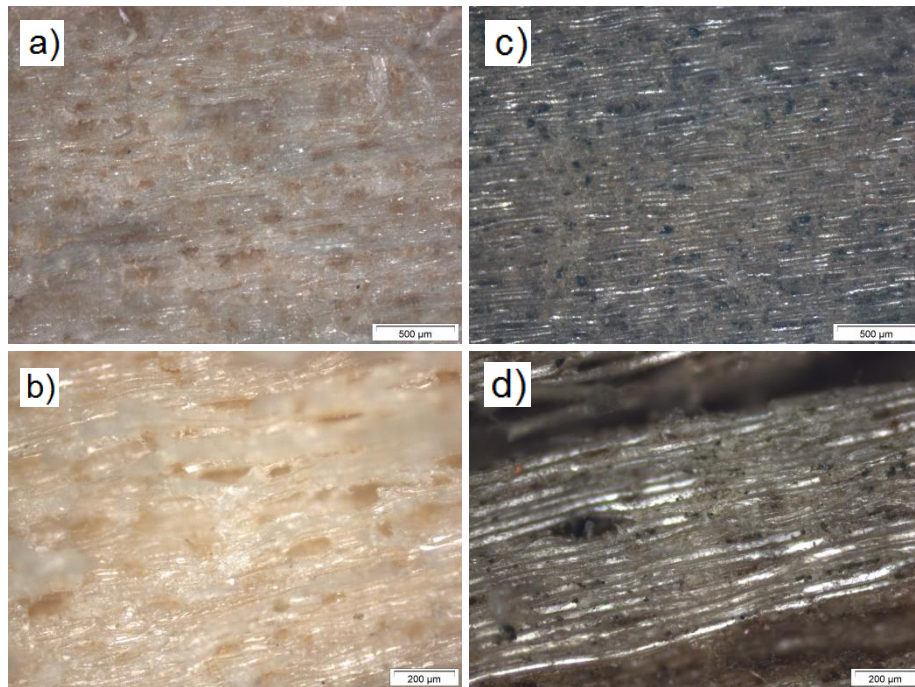
### 3.4 MICROSCOPIA

Na microscopia são verificadas as condições das fibras da madeira, podendo identificar possíveis fissuras e outras anomalias nas amostras, tratadas e não tratadas. Na Figura 16 é possível comparar as condições fibras da madeira, tratada e natural, das amostras retiradas da região mais tracionada da madeira.

Percebe-se que as amostras 16a (madeira natural 500  $\mu\text{m}$ ) e 16b (madeira natural 200  $\mu\text{m}$ ) apresentam evidências de destruição das fibras o que não se repete nas amostras tratadas 16c (madeira tratada 500  $\mu\text{m}$ ) e 16d (madeira tratada 200  $\mu\text{m}$ ).

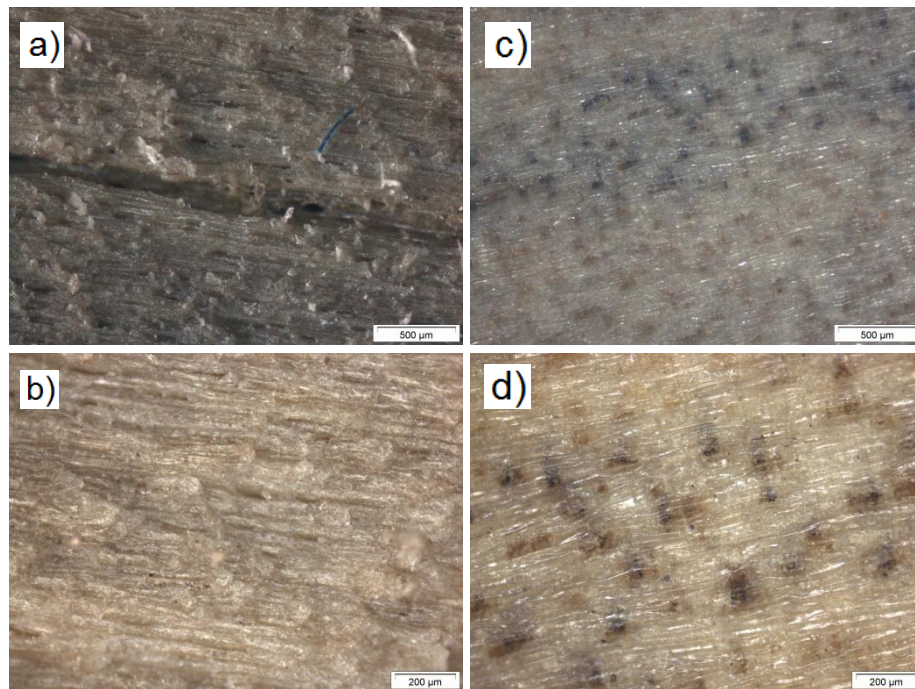
Para o caso das amostras retiradas da região mais comprimida (Figura 17), das vigas do ensaio de flexão estática a quatro pontos, é possível perceber que houve deformação das fibras tanto na madeira natural, que pode ser observada na figura 17a (madeira natural 500  $\mu\text{m}$ ) e 17b (madeira natural 200  $\mu\text{m}$ ) quanto na madeira tratada vistas na figura 17c (madeira tratada 500  $\mu\text{m}$ ) e 17d (madeira tratada 200  $\mu\text{m}$ ). Sendo mais evidente nas amostras de madeira natural.

Figura 16: a), b) Tração madeira natural; c),d) Tração madeira tratada



Fonte: Autor, 2015

Figura 17: a), b) Compressão madeira natural; b), c) Compressão madeira tratada



Fonte: Autor, 2015



## 4 CONCLUSÃO

O tratamento da madeira com preservativo químico CCA do tipo C tem grande influência na resistência das madeiras. O estudo apresentou que as madeiras tratadas obtiveram um ganho de resistência mecânica, comprovados pelos experimentos realizados. Os ensaios mostraram que a madeira tratada obteve ganho de resistência em 32,30% para compressão normal, e para o ensaio de dureza um ganho de 86,72% no sentido paralelo as fibras, e 150,72% superior no sentido perpendicular. Analisando esses dados dos ensaios de compressão e dureza, em conjunto com as imagens da microscopia, que mostraram que as fibras da madeira tratada sofreram menos deformação em relação as fibras da madeira sem tratamento, tanto na região mais comprimida quanto na região mais tracionada das vigas ensaiadas. Conclui-se então, que a madeira de *Pinus Elliottii* com as dimensões estudadas, se tornou um material mais rígido e resistente.

Além disso, no ensaio de flexão estática a quatro pontos, foi observado que a madeira tratada suportou em média 2136,82 kgf a mais do que a mesma madeira sem o processo de tratamento, que corresponde a um aumento de 85,30% de resistência da madeira.

Apesar de outros estudos indicarem que a madeira perde resistência nos processos de pré-tratamento, tratamento e pós-tratamento, isto não se observou na madeira de *Pinus Elliottii* que mostrou ganhar resistência mecânica e rigidez após o tratamento em autoclave. Porém ainda há necessidade de outros estudos, para de fato, compreender como o processo de tratamento da madeira influencia em suas propriedades mecânicas, estudando diferentes espécies de madeira com dimensões e idades variadas.

## REFERÊNCIAS

**ABPM** (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA), [www.abpm.com.br](http://www.abpm.com.br), acessado em abril de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). “**Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica Especificação**” – NBR 8456, Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). “**Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica Requisitos**” – NBR 16202, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). “**Projeto de estruturas de madeira**” – NBR 7190. Rio de Janeiro, 1997.

AWPA (American Wood - Preservers Association). **Florida Center for Solid & Hazardous Waste Management**. 1996. Disponível em: <http://www.awpa.com/>. Acesso em 17 setembro 2015.

GAVA, Geanine Costa. **Avaliação da colagem em resíduos de madeira tratada de eucalipto**. 2014. 49p. Monografia de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo.

JÚNIOR, Carlito Cali. **O potencial do uso da madeira de pinus na construção civil**. 2002. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/o-potencial-do-uso-da-madeira-de-pinus-na-construcao-81480-1.aspx>. Acesso em 27 outubro 2015.

MARTO, Giovana Beatriz Theodoro. Indicações para escolha de espécies de pinus. **Revista da Madeira**. Edição nº 119, 2009.

MORAES, Poliana dias de, Aderência à Madeira de Polímeros Reforçados com Fibras de Carbono sob Temperaturas Elevadas. **Floresta e Ambiente**. Santa Catarina, 19 (2), 236-242, abr./jun. 2012.

RALL, Ricardo. **Influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência e rigidez da madeira de pinus *Taeda I***. 2006. 86p. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP.

SOUZA, Thaís dos Santos. **Análise comparativa das propriedades mecânicas da madeira tratada e madeira natural**. 2014. 18p. Universidade do Extremo Sul Catarinense.

SILVA, José de Castro. Madeira Preservada – Os impactos ambientais. **Revista da Madeira**, Minas Gerais, edição 100, 2006.

WINANDY, Jarold E. **Effects of waterborne preservative treatment on mechanical properties: a review**. 1995. Vol. 91. American Wood-preservers Association, New York.

XAVIER, Rafael Borba. **Avaliação da dureza Janka, densidade e estabilidade de quatro espécies de *eucalyptus* implantados no estado do Rio de Janeiro**. 2008. 31p. Monografia de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.