

COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO PINUS *CIPRESTI* ENTRE MADEIRA TRATADA E SEM TRATAMENTO

Francine Bardini (1); Márcio Vito (2)

Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC

(1) francine_bardini@hotmail.com; (2) marciovito@unesc.net.

RESUMO

A madeira é utilizada na Construção Civil de diversas maneiras, desde a fundação até o acabamento. No Brasil, é mais utilizada em processos temporários como andaimes, formas, escoramentos, entre outros. Além de várias vantagens, dentre elas, ótima resistência mecânica a tração e compressão, isolante térmico, absorção acústica, baixo peso específico, resistente ao fogo, também é renovável e de fácil manuseio. O objetivo deste trabalho é comparar as propriedades mecânicas de seis vigas de madeira de Pinus *Ciprestis*, sendo três com o uso do preservativo CCA e três naturais, ou seja, sem tratamento. O tratamento é feito em autoclave, o processo ocorre através de vácuo e pressão controlados, ocorrendo à impregnação de substâncias em meio líquido na madeira, tem como função dar maior durabilidade a madeira e evitar o ataque de cupins, fungos e bactérias, além de outros agentes naturais, como o calor, umidade, etc. Dessa forma, fazendo uma comparação entre elas através de ensaios como dureza, umidade, tração, compressão e flexão. Segundo os resultados obtidos, pode-se concluir que para os ensaios de compressão, tração, dureza e umidade a madeira com o uso do preservativo obteve acréscimo na resistência comparada à madeira natural; e no ensaio de flexão, o acréscimo de resistência foi da madeira sem o tratamento.

Palavras-Chave: Preservativo. Ensaios mecânicos. Madeira.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é utilizada na Construção Civil de diversas maneiras, desde a fundação até o acabamento. No Brasil, é mais utilizada em processos temporários como andaimes, formas, escoramentos, entre outros. Além de várias vantagens, dentre elas, ótima resistência mecânica a tração e compressão, isolante térmico, absorção acústica, baixo peso específico, resistente ao fogo, também é renovável e de fácil manuseio.

Atualmente, a utilização de madeira como material de construção competitivo economicamente e ao mesmo tempo aceitável em termos ecológicos, se baseia nas modernas técnicas de reflorestamento aliadas ao desenvolvimento de produtos industrializados de madeira com minimização

de perdas. Pesquisas sobre o comportamento mecânico desses produtos e seu uso em sistemas estruturais têm propiciado a expansão do uso da madeira como material de construção. (PFEIL; PFEIL, 2006, p. 01).

Gesualdo (2003) afirma que a madeira é um material renovável e abundante no país. Mesmo com grande desmatamento, o material pode ser repostado à natureza na forma de reflorestamento. É um material de fácil manuseio, definição de formas e dimensões. A obtenção do material na forma de tora e o seu desdobro é um processo relativamente simples, não requer tecnologia requintada e não exige processamento industrial, pois o material já está pronto para uso. Demanda apenas acabamento.

De acordo com Pfeil e Pfeil (2006), a madeira está sujeita à degradação biológica por ataque de fungos, brocas etc. e também à ação do fogo. Além disso, por ser um material natural, apresenta inúmeros defeitos, como nós e fendas que interferem em suas propriedades mecânicas. Entretanto, esses aspectos desfavoráveis são facilmente superados com o uso de produtos industriais de madeira convenientemente tratados em sistemas estruturais adequados, resultando em estruturas duráveis e com características estéticas agradáveis.

Conforme Silva (2006), a madeira apresenta algumas desvantagens, como degradação por radiação e produtos químicos, além da biodegradação. O fogo, calor, umidade, poluição, efeitos climáticos, presença de substâncias muito ácidas ou muito básicas, atrito com outros materiais e os agentes biológicos podem degradar a madeira. Os agentes biológicos, sem dúvida, são considerados os de maior importância. No ambiente terrestre, os fungos, as bactérias e os insetos são os principais agentes biológicos que destroem a madeira; no ambiente marinho, destacam-se os moluscos e os crustáceos.

Existem várias técnicas para resolver esse problema, uma delas seria o uso de preservativos hidrossolúveis, como o CCA – arseniato de cobre cromatado, também chamado de Celcure.

O tratamento é feito em autoclave, o processo ocorre através de vácuo e pressão controlados, ocorrendo à impregnação de substâncias em meio líquido na madeira, tem como função dar maior durabilidade a madeira e evitar o ataque de cupins, fungos e bactérias, além de outros agentes naturais, como o calor, umidade, etc.

De acordo com Silva (2006), quando aplicado à madeira, em tratamento sob pressão, o cromo provoca a precipitação de grande quantidade de cobre e arsênio e reage com a madeira, tornando os produtos praticamente insolúveis. A reação de fixação desencadeada pelo cromo deixa o arsênio como agente inseticida, e o cobre como agente fungicida, totalmente aderido às estruturas celulares.

O produto mantém inalterada a condutividade elétrica da madeira, fator de grande importância para postes e redes de energia elétrica, bem como dormentes para ferrovia; não altera a combustibilidade da madeira, como também não aumenta a corrosividade a metais utilizados em contato; não deixa resíduos em sua superfície, não exala vapores e odores, bem como os acabamentos de superfície apresentam uma durabilidade comprovadamente maior que os aplicados sem tratamento. (SILVA, 2006).

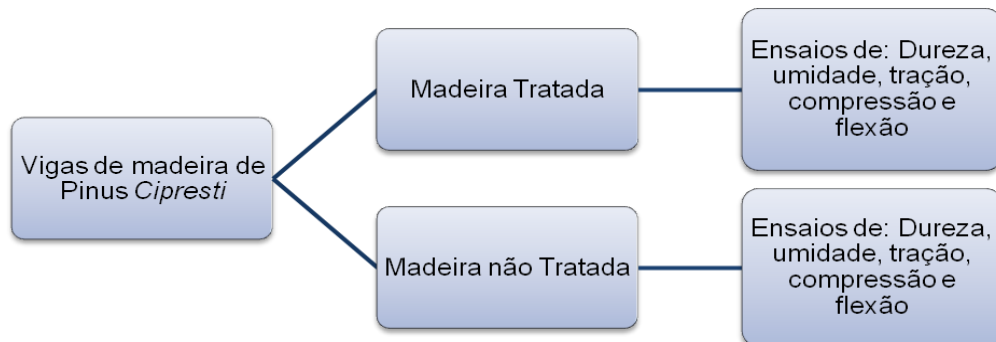
O objetivo deste trabalho é comparar as propriedades mecânicas de seis vigas de madeira de *Pinus Ciprestis*, sendo três com o uso do preservativo, neste caso o preservativo CCA e três naturais, ou seja, sem tratamento. Dessa forma, fazendo uma comparação entre elas através dos ensaios de: Dureza, umidade, tração, compressão e flexão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os ensaios mecânicos presentes neste trabalho foram realizados no LEE – Laboratório Experimental de Estruturas, localizado no Iparque – Parque Científico e Tecnológico da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

Todos os ensaios e dimensões dos corpos de provas para os ensaios estão de acordo com a NBR 7190:1997 (ABNT, 1997). Logo abaixo segue o fluxograma realizado neste trabalho.

Fluxograma 1 – Vigas de Madeira de Pinus *Ciprestis*



Fonte: Autor, 2016.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS VIGAS

A madeira utilizada foi Pinus *Ciprestis* devido a sua disponibilidade na região. Foram utilizados seis corpos de prova que é o número mínimo que atende ao item B.2 da NBR 7190:1997 (ABNT, 1997), sendo três tratadas com o uso do preservativo CCA e três sem o preservativo. As dimensões da seção transversal foram de 10 cm x 10 cm atendendo a área mínima por norma que é de 50 cm² e espessura de 5 cm com um comprimento longitudinal de 200 cm e vão teórico de 190 cm. Os ensaios realizados foram: Dureza, umidade, tração, compressão e flexão.

2.2 TRATAMENTO

O tratamento CCA é feito em autoclave conforme Figura 1, o processo ocorre através de vácuo e pressão controlados, ocorrendo à impregnação de substâncias em meio líquido na madeira, tem como função dar maior durabilidade a madeira e evitar o ataque de cupins, fungos e bactérias, além de outros agentes naturais, como o calor, umidade, etc.

Figura 1 - Autoclave



Fonte: Google, 2016.

O processo ocorre da seguinte maneira:

- 1) Coloca-se no autoclave a madeira seca e fechar a porta.
- 2) O vácuo é iniciado com o objetivo de extrair o ar da autoclave e das cavidades (celulares) da madeira, a 650 mmHg.
- 3) Inicia-se através do próprio vácuo a impregnação das substâncias químicas na madeira, ou seja, o preservativo.
- 4) Quando a madeira estiver totalmente preenchida com o preservativo finaliza o vácuo inicial, até à pressão de saturação de 12Kgf/cm².
- 5) Ao finalizar a fase de pressão, a solução é transferida para o tanque reservatório.
- 6) Inicia-se o vácuo final para a retirada do excesso do preservativo da superfície da madeira. A duração do ciclo de tratamento é de aproximadamente 4 horas.

Este processo é classificado em três tipos: A, B e C. O que diferencia cada um é a quantidade de Cromo, Cobre e Arsênio, de acordo com a Tabela 1. Neste trabalho utilizei o tipo C.

Tabela 1 – Composição do CCA (%)

COMPONENTE	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Cromo	65,5	35,3	47,5
Cobre	18,1	19,6	18,5
Arsênio	16,4	45,1	34

Fonte: MORESCHI, 2016

2.3 ENSAIO DE FLEXÃO

As dimensões da seção transversal para o ensaio de flexão foi de 10 cm x 10 cm e 200 cm de comprimento atendendo à NBR 7190:1997 (ABNT, 1997). O ensaio foi realizado em quatro vigas, duas tratadas com o preservativo CCA tipo C e duas sem o uso do preservativo, com o objetivo de ver qual dos dois grupos possuem melhor resistência.

Utilizando o Quantum XMX840A foram obtidos os valores do carregamento através de uma célula de carga de 500 kN e os valores de deslocamentos verticais com um LVDT posicionado no centro do vão. A Figura 2 apresenta o equipamento juntamente com a viga.

Figura 2 – Equipamento

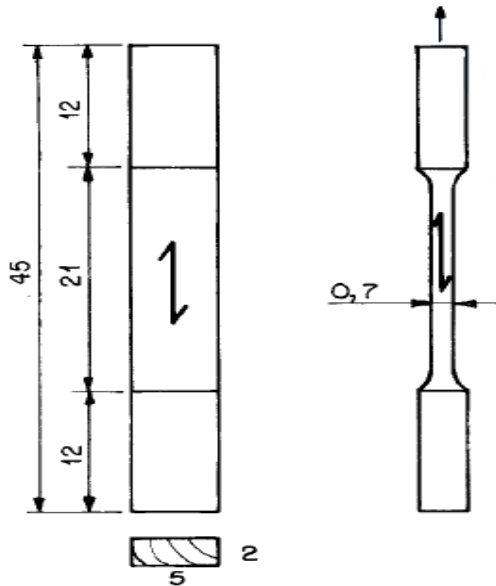


Fonte: Autor, 2016.

2.4 ENSAIO DE TRAÇÃO, COMPRESSÃO E DUREZA JANKA

Para se realizar o ensaio de tração foram utilizados dois corpos de prova de madeira tratada e dois corpos de prova para a madeira sem tratamento, na compressão foram utilizados três corpos de prova de madeira tratada e a madeira sem tratamento, retirados das vigas depois de realizado o ensaio de flexão, nas laterais das vigas, onde a amostra não foi danificada. Para a tração, as dimensões foram de acordo com as representadas na Figura 3, já para a compressão e dureza foram usadas as seguintes medidas: 5,0 cm x 5,0 cm com comprimento de 15 cm. Em todos os ensaios foi utilizado o mesmo equipamento (Figura 4). Para o ensaio de tração e compressão os resultados obtidos estão na direção paralela às fibras conforme a NBR 7190/1997 (ABNT, 1997). No ensaio de dureza foram utilizados dois corpos de prova, sendo um de madeira tratada e o outro com a madeira sem tratamento; os resultados estão conforme a direção paralela às fibras e perpendicular a elas conforme a NBR 7190/1997 (ABNT, 1997). O equipamento utilizado foi a máquina universal de ensaios da marca EMIC modelo DL 30000, com uma célula de carga de 300 kN.

Figura 3
Corpos de prova para ensaio de tração



Fonte: NBR 7190:1997

Figura 4 - Equipamento



Fonte: Autor, 2016

2.5 ENSAIO DE UMIDADE

Para a realização do ensaio de umidade foi utilizada a estufa Servitch modelo CT303 e dois corpos de provas, sendo um com a madeira tratada e outro com a madeira natural. A dimensão dos corpos de provas foi de 2,0 cm x 3,0 cm e comprimento paralelo às fibras de 5,0 cm atendendo ao item B.5.3 da norma 7190:1997. (ABNT, 1997).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSAIO DE FLEXÃO

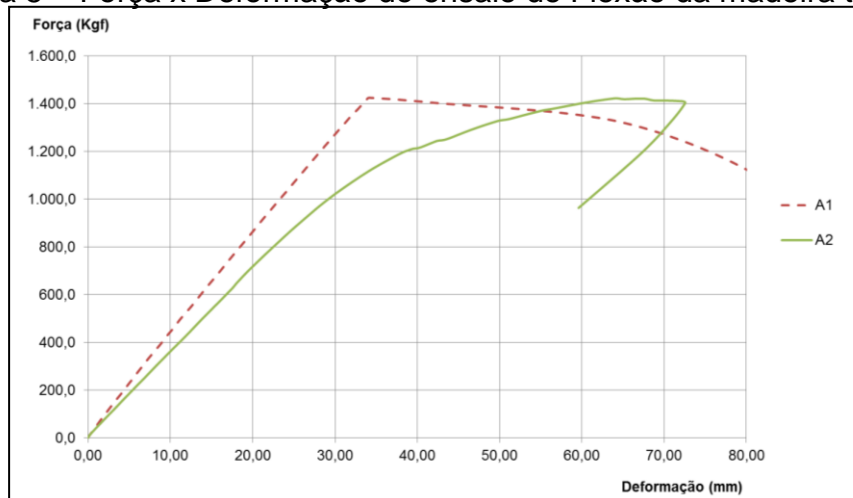
O ensaio de flexão realizado nas quatro amostras, conforme descrito no item 2.3 deste artigo, com os resultados obtidos apresentados na Tabela 2 e gráficos das Figuras 5, 6 e 7. Podem-se observar, os valores das amostras da madeira tratada foram muito próximos uns dos outros; a que teve maior resistência foi a A1 com 1.424,4 Kgf, com um deslocamento de 34,1 mm e a média entre as duas amostras foi de 1.423,4 Kgf. Já as amostras da madeira natural tiveram um resultado não muito próximo um com o outro: a amostra que teve maior resistência foi a B2 com 2.466,20 Kgf e a média entre as duas foi de 2.231,3 Kgf. De acordo com a Figura 7 podemos observar que a madeira natural resistiu 56,7% a menos que a madeira com o tratamento.

Tabela 2 – Resultados ensaio de Flexão

Madeira Tratada	A1	A2	Média (Kgf)	Int. Confiança
Carga (Kgf)	1.424,4	1.422,3	1.423,4	± 2
Deslocamento (mm)	34,1	64,1	49,1	± 29
Madeira Natural	B1	B2	Média (Kgf)	Int. Confiança
Carga (Kgf)	1.996,30	2.466,20	2.231,3	± 460
Deslocamento (mm)	34,4	57,0	45,7	± 22

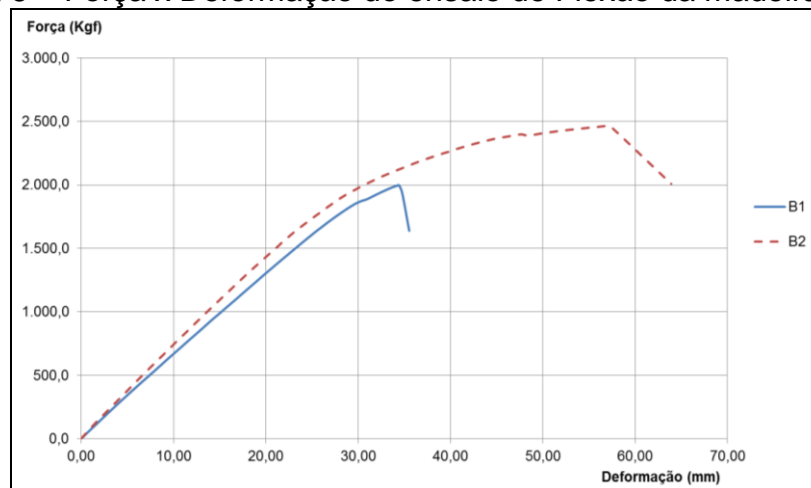
Fonte: Autor, 2016

Figura 5 – Força x Deformação do ensaio de Flexão da madeira tratada



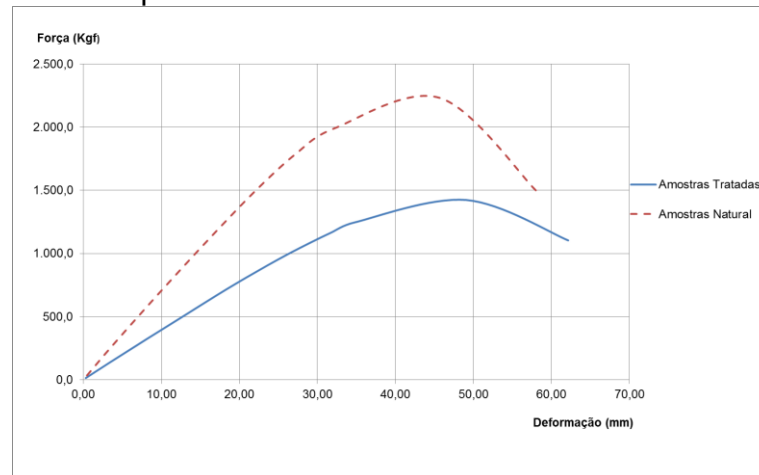
Fonte: Autor, 2016

Figura 6 – Força x Deformação do ensaio de Flexão da madeira natural



Fonte: Autor, 2016

Figura 7 – Comparativo das amostras da madeira tratada e natural



Fonte: Autor, 2016

3.2 ENSAIO DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO

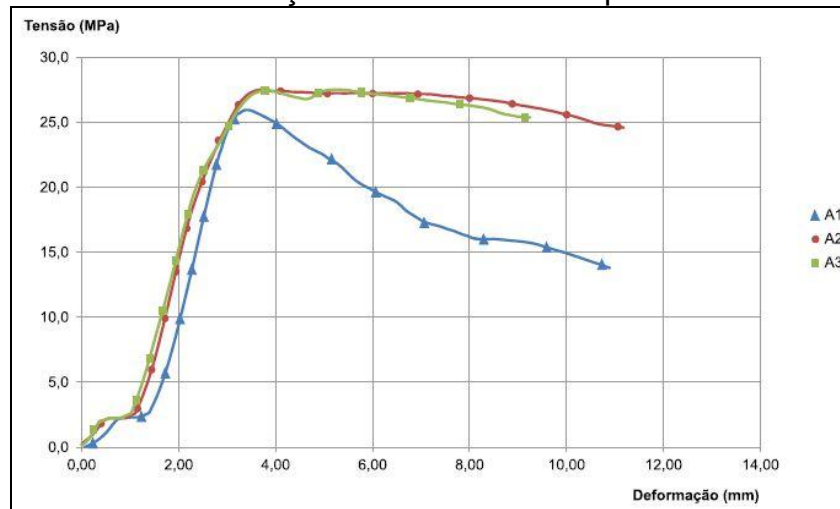
O ensaio de Compressão paralela às fibras tem seus resultados apresentados na Tabela 3 e gráficos das Figuras 8, 9 e 10. As amostras de madeira tratada que tiveram maior resistência foram a A2 e A3, ambas deram 27,5 MPa. Já para as amostras da madeira sem tratamento, a resistência foi de 27,2 MPa sendo a amostra B2. Conforme a Figura 10 pode-se concluir que a madeira tratada resistiu 1,1% a mais pra madeira sem tratamento químico.

Tabela 3 – Resultados ensaio de Compressão

Madeira Tratada	A1	A2	A3	Média (MPa)	Int. confiança
Carga (MPa)	26,0	27,5	27,5	27,0	± 1
Deslocamento (mm)	3,4	3,7	5,3	4,1	± 1
Madeira Natural	B1	B2	B3	Média (MPa)	Int. confiança
Carga (MPa)	23,4	27,2	22,0	24,2	± 3
Deslocamento (mm)	2,6	3,5	3,4	3,1	± 0,6

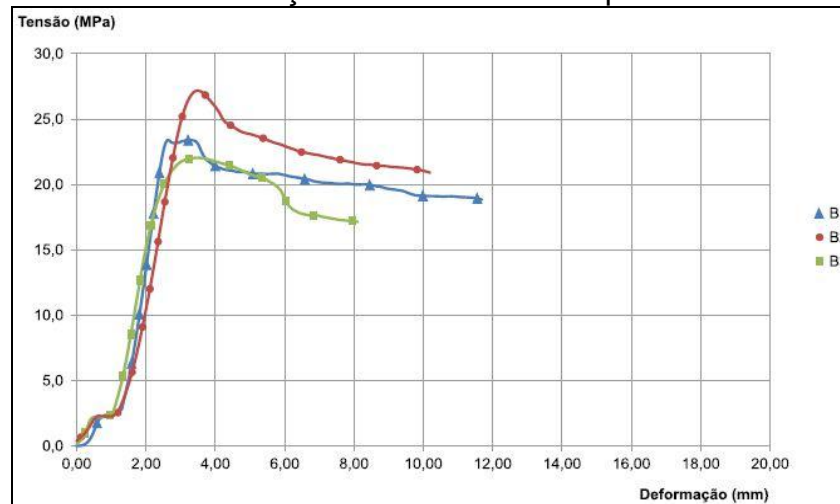
Fonte: Autor, 2016

Figura 8 – Tensão x Deformação do ensaio de Compressão da madeira tratada



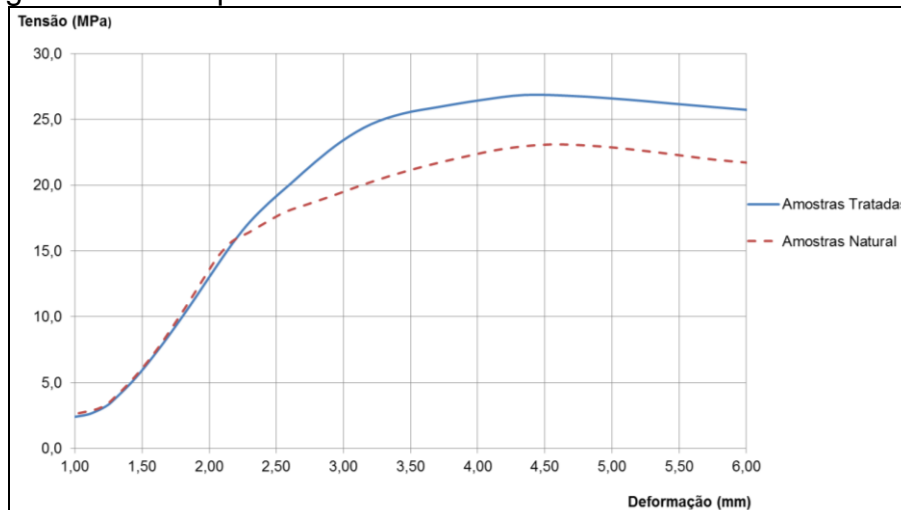
Fonte: Autor, 2016

Figura 9 – Tensão x Deformação do ensaio de Compressão da madeira natural



Fonte: Autor, 2016

Figura 10 – Comparativo das amostras da madeira tratada e natural



Fonte: Autor, 2016

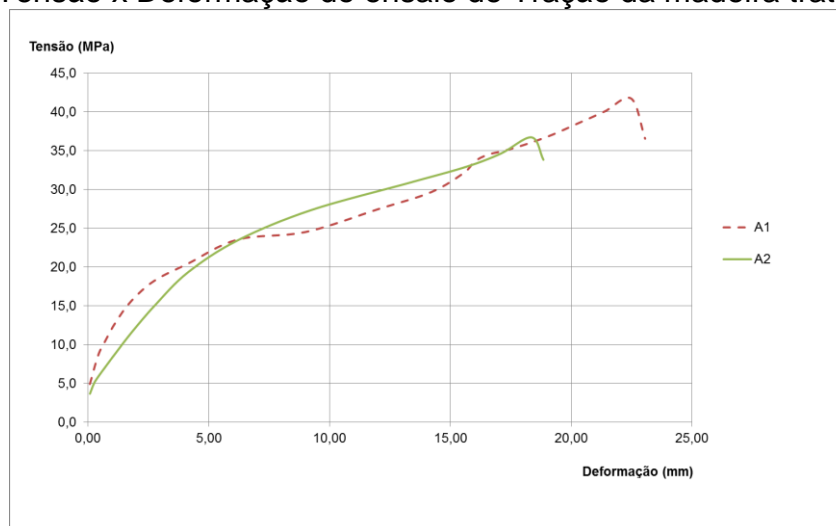
No ensaio de tração, os resultados obtidos estão de acordo com a Tabela 4 e gráfico das Figuras 11, 12 e 13. A amostra da madeira tratada que possuiu maior resistência foi a A1, com 43,6 MPa e para a madeira natural a amostra foi a B1, com uma resistência de 38,8 MPa. Observa-se na figura 13 que a madeira tratada resistiu 9,3% a mais que a madeira sem tratamento.

Tabela 4 – Resultados ensaio de Tração

Madeira Tratada	A1	A2	Média (MPa)	Int. confiança
Carga (MPa)	43,6	37,9	40,8	± 5
Deslocamento (mm)	22,8	18,6	20,7	± 4
Madeira Natural	B1	B2	Média (MPa)	Int. confiança
Carga (MPa)	38,8	36,9	37,9	± 2
Deslocamento (mm)	17,6	12,5	15,1	± 5

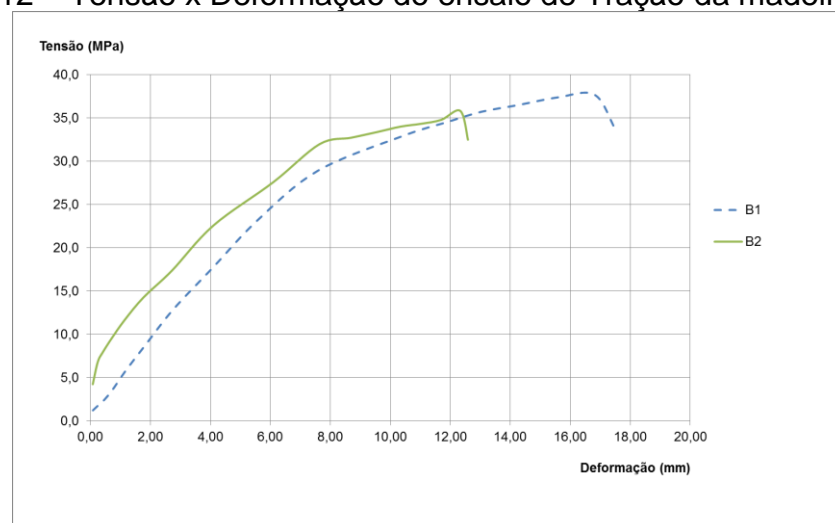
Fonte: Autor, 2016

Figura 11 – Tensão x Deformação do ensaio de Tração da madeira tratada



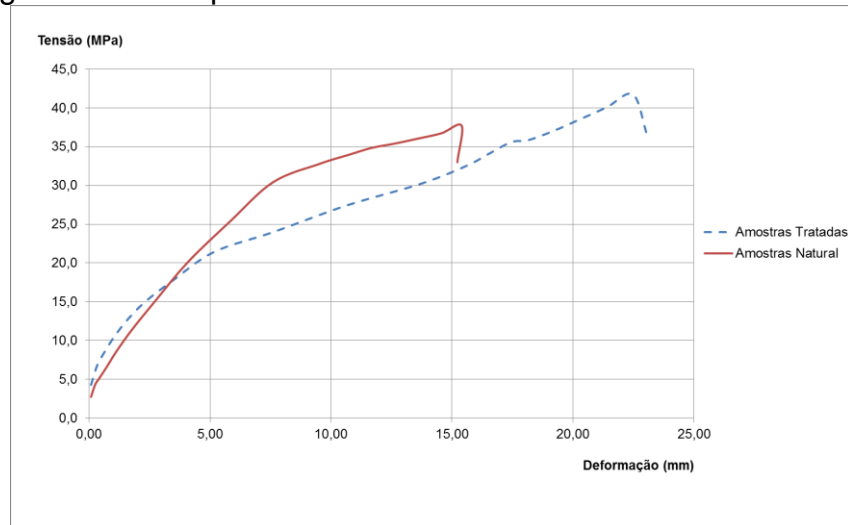
Fonte: Autor, 2016

Figura 12 – Tensão x Deformação do ensaio de Tração da madeira natural



Fonte: Autor, 2016

Figura 13 – Comparativo das amostras madeira tratada e natural



Fonte: Autor, 2016

3.3 ENSAIO DE DUREZA JANKA

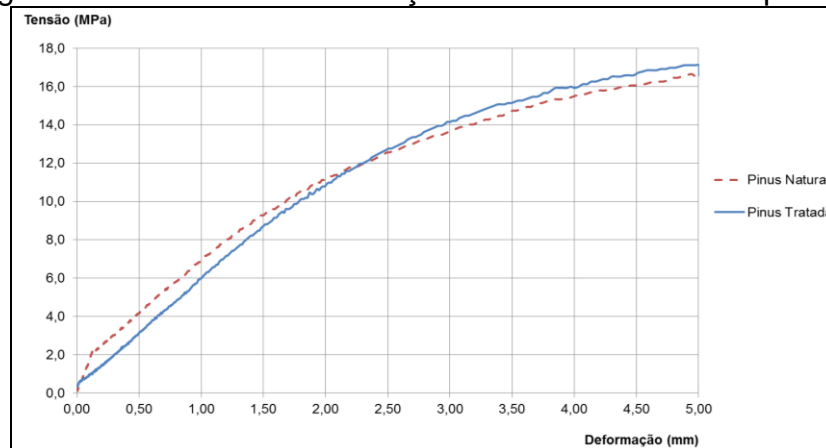
O resultado do ensaio de dureza Janka paralela às fibras estão demonstrados na Tabela 5 e do gráfico das Figuras 14 e 15, que nos apresenta que a madeira tratada teve uma resistência de 17,11 MPa e a sem tratamento foi de 16,65 MPa na direção paralela às fibras e na direção perpendicular a elas a resistência foi de 14,67 MPa para a amostra tratada e 10,46 MPa para a sem tratamento. No ensaio de dureza a resistência é medida pela superfície do material a ser ensaiado portanto, nos gráficos das Figuras 14 e 15 há uma diferença superficial entre a madeira tratada e sem tratamento, observa-se que a madeira tratada resistiu 2,7% a mais que a madeira com o uso do preservativo.

Tabela 5 – Resultados ensaio de Dureza

Amostra	Resistência (MPa)	
	Paralela	Perpendicular
Tratada	17,11	14,67
Natural	16,65	10,46

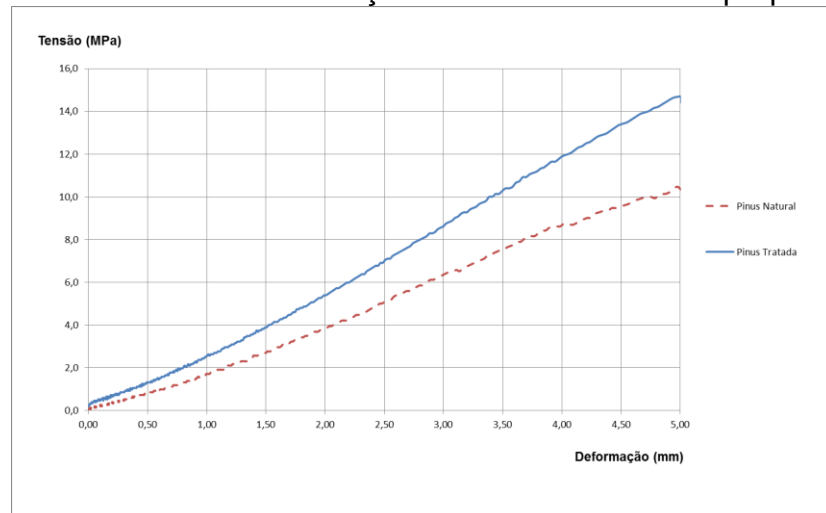
Fonte: Autor, 2016.

Figura 14 – Tensão x Deformação do ensaio de dureza paralela



Fonte: Autor, 2016.

Figura 15 – Tensão x Deformação do ensaio de dureza perpendicular



Fonte: Autor, 2016.

3.4 ENSAIO DE UMIDADE

Os resultados do ensaio de umidade estão descritos na Tabela 6. A NBR 7190:1997 (ABNT, 1997) afirma que o teor de umidade corresponde à relação entre a massa da água nela contida e a massa da madeira seca, dado pela equação 1.

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

m_i é a massa inicial da madeira em gramas;

m_s é a massa da madeira seca em gramas;

Tabela 6 – Ensaio de Umidade

Amostra	Massa inicial (g)	Massa seca (g)	Teor de Umidade (%)
Tratada	14,0	11,6	20,7
Natural	10,8	9,2	17,4

Fonte: Autor, 2016

Tabela 7 – Resultados obtidos

ENSAIO	Madeira Natural	Madeira Tratada	Diferença (%)
Flexão	2231,3 Kgf	1423,4 Kgf	56,7
Compressão	24,2 MPa	27,0 MPa	1,1
Tração	37,9 MPa	40,8 MPa	9,3
Dureza (Paralela)	16,6 MPa	17,1 MPa	2,7
Dureza (Perpendicular)	10,4 MPa	14,6 MPa	

Fonte: Autor, 2016.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios, pode-se observar que as amostras de madeira tratada não sofreram acréscimos na sua resistência. Resultados controversos ao estudo desenvolvido por Souza (2014) para a madeira do tipo Eucalipto que diz que para o ensaio de flexão a madeira tratada resistiu 23,9% a mais que a madeira natural, na compressão o acréscimo foi de 29,3% de resistência para a viga tratada, na tração foi de 75,81% e a dureza o acréscimo de resistência para a madeira tratada foi de 1,5%.

Os resultados verificados neste trabalho determinaram que a madeira com tratamento do tipo CCA apresentaram redução para as resistências mecânicas conforme Tabela 7 em comparação à madeira natural, concordando com Winandy (1995) que diz que tratamentos a base de preservativos apresentam redução nas propriedades mecânicas da madeira, suas pesquisas mostraram que fatores como a espécie, tamanho, classe do material e a secagem em estufa tem grande influência na resistência.

REFERÊNCIAS

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

GESUALDO, F.A.R. **Estruturas de madeira** – Notas de aula. Universidade Federal de Uberlândia, 2003, 106 p.

MORESCHI, J. C. **Produtos Preservantes de madeira**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Disponível em:

<<http://pt.scribd.com/doc/49513251/Preservantes-de-Madeira>> Acesso em 09 nov. 2016.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele; **Estruturas de madeira:** dimensionamento segundo a NBR 7190/97 e critério das normas americanas NDS e europeia EUROCODE 5. 6 ed. Rio de Janeiro: Gen, 2003. 224 p.

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

SOUZA, Thaís dos Santos. **Análise comparativa das propriedades mecânicas da madeira tratada e madeira natural.** 18 p. Artigo de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Univ. do Ext. Sul Catarinense – UNESC, Criciúma. 2014.

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