

Efeito do tratamento preservante e da exposição a campo na resistência mecânica da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*

Effect of preservative treatment and field exposure on the mechanical resistance of Eucalyptus grandis and Eucalyptus cloeziana wood

Magnos Alan Vivian^{1*} (ORCID 0000-0001-7793-8425), Karina Soares Modes¹ (ORCID 0000-0002-2249-2873), Elio José Santini² (ORCID 0000-0003-0133-4654), Wesley Wilker Corrêa Moraes³ (ORCID 0000-0002-9854-5740), Douglas Edson Carvalho⁴ (ORCID 0000-0002-2443-0510)

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibaanos, SC, Brasil. *Autor para correspondência: magnos.alan@ufsc.br

² Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

³ Universidade Estadual de Roraima, Rorainópolis, RR, Brasil.

⁴ SR4 Soluções em Certificação Florestal, Caçador, SC, Brasil.

Submissão: 08/03/2021 | Aceite: 10/08/2021

RESUMO

A madeira, em razão de sua constituição química, apresenta suscetibilidade a agentes biodeterioradores, especialmente quando exposta a condições adversas, como em contato com o solo. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento preservante com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e do tempo de exposição a campo na resistência mecânica das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. Para isso foram utilizadas árvores com 16 anos de idade, de ambas das espécies, que foram desdobradas em tábuas e submetidas à secagem ao ar livre para, posteriormente, efetuar-se o tratamento preservante em autoclave com CCA. A partir das tábuas tratadas confeccionaram-se corpos de prova nas dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm, que foram instalados em campos de apodrecimento em duas áreas distintas, campo aberto e floresta, no município de Santa Maria/RS. Periodicamente foram coletados corpos de prova para avaliar sua degradação ao longo do tempo de exposição, os quais foram submetidos ao teste mecânico de flexão estática. Com base nos resultados obtidos observou-se que o tratamento preservante apresentou efeito benéfico, mantendo a resistência mecânica da madeira por um período de tempo maior. O efeito foi mais pronunciado para a madeira de *E. cloeziana*, que naturalmente já apresentava maior resistência mecânica que a madeira de *E. grandis*. Assim, conclui-se que o tratamento é eficiente na redução da deterioração da madeira a campo.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento industrial, campo de apodrecimento, durabilidade da madeira, preservação da madeira.

ABSTRACT

The wood, due to its chemical constitution, is susceptible to biodeteriorating agents, especially when exposed to adverse conditions, such as in contact with the soil. Thus, the present study aimed to evaluate the effect of preservative treatment with Chromated Copper Arsenate (CCA) and the period of exposure to the field on the mechanical resistance of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus cloeziana* wood. For this, trees with 16 years of age, of both species, were used, which were processed in boards and subjected to outdoor drying, to subsequently carry out the preservative treatment in an autoclave with CCA. From the treated boards, samples of 2.0 x 2.0 x 30.0 cm were made, which were installed in rotting fields in two different areas, open field and forest, in the city of Santa Maria/RS. Periodically, samples were collected to evaluate their degradation over of exposure period, which were subjected to mechanical static bending testing. Based on the results obtained, it was observed that the preservative treatment had a beneficial effect, maintaining the mechanical resistance of the wood for a longer period of time. The effect was more pronounced for *E. cloeziana* wood, which naturally already had greater mechanical resistance than *E. grandis* wood. Thus, it is concluded that the treatment is efficient in reducing the deterioration of wood in the field.

KEYWORDS: industrial treatment, rotting field, wood durability, wood preservation.

INTRODUÇÃO

A madeira é um material altamente suscetível a biodeterioração, pois a mesma é formada por compostos orgânicos, como celulose, hemicelulose, lignina e extrativos, que geralmente equivalem a $\approx 99,5\%$ de sua constituição. Já a fração inorgânica da madeira, chamada de cinzas, representa em torno de $\approx 0,5\%$ de sua composição.

Em função de sua constituição, a madeira pode ser deteriorada por agentes biológicos, como fungos, bactérias, insetos e brocas marinhas (VIVIAN et al. 2020). Além deste, a madeira ainda pode ser deteriorada por agentes ditos “abióticos”, entre os quais citam-se os físicos (radiação solar/raios ultravioleta, fogo, calor, etc.), químicos (ácidos, bases, sais, oxidação dos próprios extrativos da madeira) e mecânicos (rachaduras, atrito/abrasão, desgastes e deformações permanentes).

Depois de instalados na madeira, os agentes deterioradores, especialmente os biológicos, comprometem sua resistência física e mecânica, sendo os grandes responsáveis pelas perdas nos produtos madeireiros (COSTA 2003). Desta forma, de acordo com a susceptibilidade da madeira à degradação, é possível prever a necessidade de adição de compostos químicos para aumentar a sua durabilidade (MODES et al. 2012).

CALIL JÚNIOR e DIAS (1997) relatam que em função da ideia de que a madeira tem vida útil curta, tem-se negligenciado sua aplicação como material de construção. Os mesmos autores citam que mesmo que a madeira seja susceptível ao ataque de organismos deterioradores sob condições específicas, quando preparada com tecnologia e tratamento preservativo, torna-se um material muito durável, com uma proteção efetiva por períodos de até 50 anos ou mais.

A madeira de eucalipto geralmente apresenta baixa durabilidade natural (COSTA et al. 2005, ARAUJO et al. 2012), assim deve ser submetida ao tratamento preservante, por meio da adição de compostos que a tornem tóxica ou não atraente aos organismos biodeterioradores (xilófagos) (AMARAL 2012). Entre os principais produtos utilizados para tratamento da madeira, está o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), que é impregnado na mesma através de processos industriais (com vácuo/pressão), realizados em Usinas de Preservação de Madeiras (UPM), pois este é autorizado apenas para aplicação industrial.

Sabe-se que a tratamento preservante aumenta a durabilidade da madeira ao ataque de agentes xilófagos, mas o seu efeito ao longo dos anos, especialmente relacionada à sua resistência mecânica ainda é incipiente. Assim é relevante avaliar a perda de resistência da madeira ao longo do tempo de exposição à campo, visando comprovar se o tratamento preservativo mantém sua integridade por mais tempo, mesmo em condições adversas, como em contato com o solo, em ensaios de campo.

COSTA et al. (2005) ressaltam que para avaliar a durabilidade natural da madeira, um dos ensaios mais empregados são os “campos de apodrecimento”, onde submete-se a madeira a ambientes externos em contato direto com o solo, ficando exposta a ciclos irregulares de lixiviação, exposição solar, secagem, químicos e xilófagos presentes no solo, que podem atuar em conjunto na deterioração da madeira. De acordo com BARILLARI (2002), os ensaios de campo, possibilitam avaliar a eficiência do tratamento aplicado, pois a madeira é exposta às intempéries do ambiente, aos fungos e insetos xilófagos presentes no mesmo.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do tratamento preservante com CCA e do tempo de exposição à campo na resistência mecânica das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material

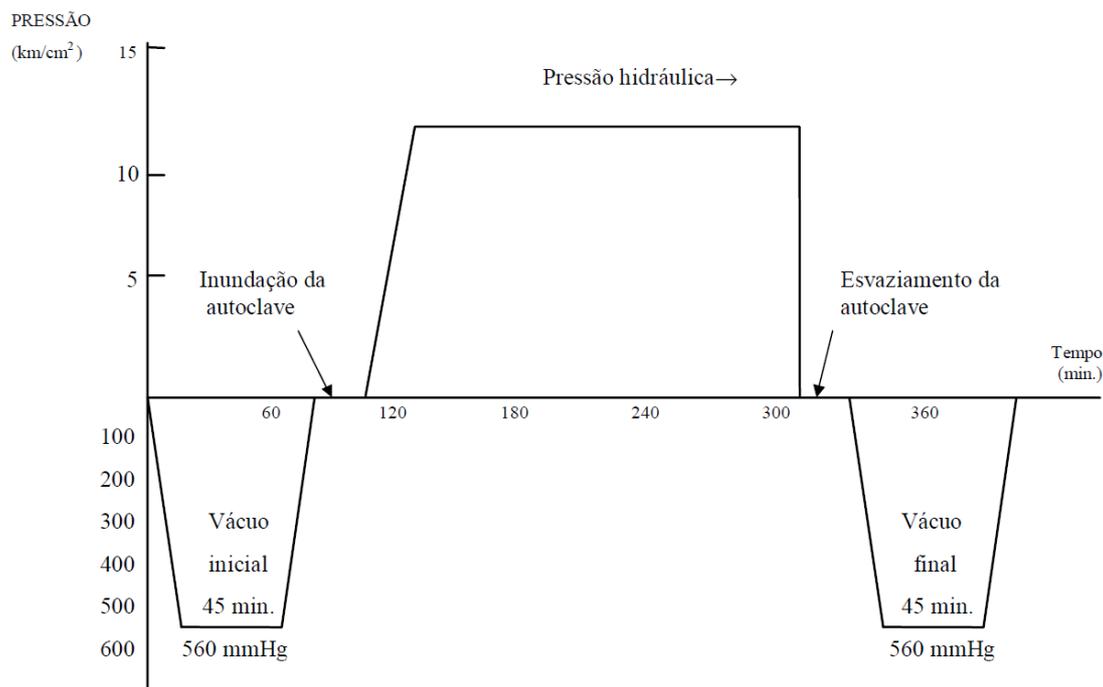
O material utilizado foi coletado em um povoamento localizado na região metropolitana de Porto Alegre/RS (30° 08' 42" S; 50° 30' 53" O). As árvores de *E. grandis* e *E. cloeziana*, ambas com 16 anos de idade, foram selecionadas no povoamento com diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 27,0 cm, cortadas e transformadas em toras de 2,0 m de comprimento (primeira e segunda tora) e transportadas para a serraria onde se procedeu o seu desdobro tangencial em tábuas de dimensões de 2,2 x 9,0 x 200,0 cm (espessura x largura x comprimento), no padrão para serem utilizadas para decks, produto comercializado pela empresa parceira.

Depois de serrada, a madeira foi submetida a uma secagem ao ar livre até atingir teor de umidade inferior a 30%, para viabilizar a realização do tratamento preservante em autoclave.

Condução do tratamento preservante

O tratamento preservativo da madeira foi executado numa autoclave, com 2,10 m de diâmetro e 24,0

m de comprimento. As tábuas, após passarem pelo período de secagem ao ar (em torno de 40 dias), foram submetidas ao tratamento preservante seguindo as fases do processo Bethell (célula cheia), com uma pressão máxima de 12 kgf cm⁻² (1,2 MPa), de acordo com a Figura 1. Para cada espécie, uma parte das tábuas não foi submetida ao tratamento, para fins de comparação (testemunha).



Fonte: SALES-CAMPOS et al. (2003).

Figura 1. Fases do processo Bethell (célula-cheia) utilizado no tratamento da madeira.

Figure 1. Steps of Bethell process (full cell) used in the wood treatment.

Como produto preservante foi utilizado o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) com 60% de ingredientes ativos (28,5% de óxido crômico; 11,1% de óxido cúprico; 20,4% de pentóxido de arsênio e 40,0% de inertes). A retenção nominal sugerida foi de 4,0 a 6,5 kg m⁻³. Para cada uma das espécies de eucalipto utilizadas, realizou-se o tratamento de uma carga de madeira. Depois de tratadas, as tábuas permaneceram em repouso por 30 dias para possibilitar a fixação dos ingredientes ativos na madeira.

Instalação do ensaio de campo

Foram preparados corpos de prova, a partir das madeiras tratadas e testemunhas, com as dimensões compatíveis ao ensaio de flexão estática (2,0 x 2,0 x 30,0 cm), conforme a norma 30:1-006 da *Comisión Panamericana de Normas Técnicas* (COPANT 1972), que foram instalados em campo de apodrecimento em duas áreas distintas, campo aberto e floresta, localizados no município de Santa Maria/RS.

Os corpos de prova foram divididos de forma sistemática nas áreas e enterrados até metade do seu comprimento (15,0 cm), conforme o esquema ilustrado na Figura 2.

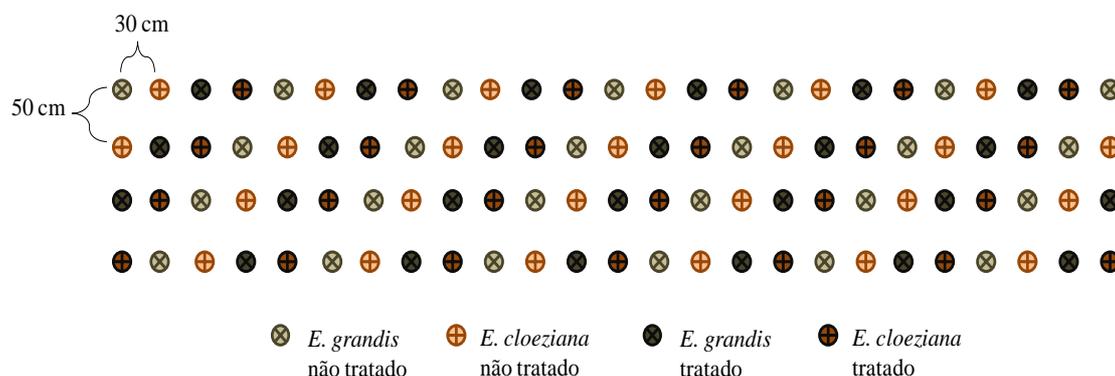


Figura 2. Croqui ilustrativo da instalação do campo de apodrecimento.

Figure 2. Illustrative sketch of the rotting field installation.

A cada 60 dias, cinco corpos de prova de cada espécie, condição de processo (tratada e não tratada) e local de exposição (campo e floresta) foram amostrados de forma sistemática, adequadamente limpos, e levados para condicionamento em câmara climática (20 °C e 65% de umidade relativa). Os períodos de amostragem foram aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias; além da madeira que não foi exposta ao campo (testemunha).

Com base no laudo da análise de solo das duas áreas (campo aberto e floresta) fornecido pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), observou-se que o pH de ambas as áreas eram semelhantes, 5,0 e 4,9 no campo e floresta, respectivamente. Em relação à matéria orgânica (MO) observou-se que a floresta apresentou percentual de 2,8%, enquanto o campo, de 1,9%, o que mostra que a floresta possibilita condições mais adequadas para o desenvolvimento de micro-organismos.

As condições climáticas do período de realização dos ensaios de campo estão descritas na Tabela 1, de acordo com a Estação Meteorológica da UFSM.

Tabela 1. Condições climáticas do período de realização dos ensaios de campo.

Table 1. Climatic conditions of the field trials period.

Mês	Temperatura média (°C)	Umidade relativa média (%)	Precipitação média (mm)
Janeiro	24,7	79,0	405,9
Fevereiro	25,8	78,0	124,7
Março	24,1	77,0	25,1
Abril	19,2	76,0	116,8
Maio	15,8	86,0	117,7
Junho	14,3	85,0	128,9
Julho	13,2	82,0	238,3
Agosto	13,5	82,0	109,4
Setembro	16,7	84,0	244,9
Outubro	18,1	71,0	49,3
Novembro	20,7	66,0	71,3
Dezembro	24,3	67,0	157,9

Resistência à flexão estática

Após o período de climatização, realizou-se o ensaio mecânico de flexão estática para avaliar a resistência da madeira após exposição a campo. O ensaio foi realizado de acordo com a norma 30:1-006 da *Comisión Panamericana de Normas Técnicas* (COPANT 1972), em que a carga foi aplicada na metade do comprimento dos corpos de prova, aproximadamente na região correspondente à linha de afloramento.

O ensaio foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos, com capacidade de 20 toneladas de carga, dotada de um computador acoplado com programa específico para registro e aquisição dos dados do ensaio, e cálculo dos módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR).

Os resultados de MOE e MOR foram corrigidos, quando necessário, para a umidade de 12%, correspondente à condição de equilíbrio higroscópico. Esse procedimento foi adotado com o objetivo de eliminar a influência da umidade na resistência mecânica da madeira, conforme as recomendações prescritas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 7190 (ABNT 1997).

Análise estatística

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro fatores, os quais foram: espécies (duas), tratamentos (dois), ambientes (dois) e avaliações (seis). Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), com posterior comparação de média pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, juntamente com análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se as médias de MOE da madeira de *E. grandis*, testemunha e tratada, submetida ao campo de apodrecimento em campo aberto e floresta, ao longo do período de avaliações.

O MOE da madeira teve a tendência de diminuição com o passar das avaliações, entretanto, com algumas oscilações durante o período. APRILE et al. (1999) justificam que a decomposição normalmente não é contínua, que o curso de seu tempo deve ser representado como uma sucessão de fases em ampla atividade, com intervalos de inibição, causado por limitação ou inibição completa de processos físicos, químicos ou biológicos no processo de decomposição. Outro fator que é de grande importância é a possível

heterogeneidade entre as amostras, o que pode ter contribuído para tais oscilações.

Tabela 2. Módulo de elasticidade (MPa) da madeira de *E. grandis* ao longo das avaliações.

Table 2. Modulus of elasticity (MPa) of *E. grandis* wood during the evaluations.

Avaliação		Não tratada		Tratada	
Nº	Dias	Campo	Floresta	Campo	Floresta
1	0	11301,4 (5,1%)		12045,7 (11,7%)	
2	60	11432,2 (6,7%)	11624,0 (15,7%)	11375,9 (16,3%)	12473,0 (25,2%)
3	120	11834,1 (10,0%)	11900,9 (9,4%)	11878,8 (18,0%)	10636,4 (10,1%)
4	180	11088,2 (4,1%)	9485,9 (12,5%)	10988,1 (21,4%)	11756,4 (6,4%)
5	240	9926,2 (20,6%)	10498,2 (17,4%)	11588,3 (14,5%)	11354,8 (11,2%)
6	300	10127,5 (20,5%)	10367,1 (11,4%)	10414,3 (12,4%)	10369,3 (8,6%)
Média		10951,6	10862,9	11381,8	11439,3

Nota: entre parênteses está o coeficiente de variação.

A redução na resistência da madeira não teve tendência definida quando comparada ao ambiente em que a mesma foi exposta. Já quanto ao tratamento da madeira, a resistência foi superior nas peças submetidas ao tratamento preservativo, o que já era esperado.

Na Tabela 3, observa-se o MOE da madeira de *E. cloeziana*, o qual exibiu a mesma tendência encontrada para o MOE da madeira de *E. grandis*, em que o mesmo foi sendo reduzido com o passar do tempo, porém com períodos de oscilação na resistência apresentada da madeira. A redução da rigidez da madeira não exibiu tendência definida em função do ambiente em que a mesma foi exposta, entretanto em relação ao tratamento preservativo aplicado, a madeira tratada demonstrou valores de MOE superiores a não tratada. A variação nos valores foi pequena, podendo estar mais relacionada com as variações (heterogeneidade) da madeira do que com o tratamento em si.

Tabela 3. Módulo de elasticidade (MPa) da madeira de *E. cloeziana* ao longo das avaliações.

Table 3. Modulus of elasticity (MPa) of *E. cloeziana* wood during the evaluations.

Avaliação		Não tratada		Tratada	
Nº	Dias	Campo	Floresta	Campo	Floresta
1	0	16045,6 (7,5%)		16525,6 (9,9%)	
2	60	15456,2 (6,5%)	15303,3 (8,2%)	15469,7 (14,3%)	15644,9 (7,6%)
3	120	15824,5 (10,2%)	16100,4 (16,0%)	16835,8 (12,6%)	16150,4 (5,1%)
4	180	15827,4 (6,2%)	15154,2 (14,9%)	16611,7 (10,7%)	16360,3 (7,3%)
5	240	15529,6 (6,5%)	15384,1 (9,1%)	16217,7 (10,9%)	16451,6 (6,0%)
6	300	13831,6 (20,2%)	14622,4 (14,8%)	15117,9 (15,9%)	15367,6 (15,0%)
Média		15419,2	15435,0	16129,7	16083,4

Nota: entre parênteses está o coeficiente de variação.

Nas Tabelas 4 e 5 encontram-se os valores de MOR das madeiras de *E. grandis* e *E. cloeziana*. Observa-se que o tratamento foi eficiente para evitar a perda de resistência de ambas as espécies, porém foi mais pronunciada para a madeira de *E. cloeziana*, sendo superior à madeira não tratada em todas as avaliações, o que confirma que o tratamento foi importante para esta propriedade no decorrer do tempo.

TREVISAN et al. (2007) ao estudarem a redução de algumas propriedades mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em exposição a campo de apodrecimento em céu aberto e floresta por um período de 12 meses, concluíram que as condições diferenciadas de exposição ambiental influenciaram o percentual de redução destas características. As madeiras provindas do campo de apodrecimento localizado dentro da mata foram as que demonstraram maior redução nessas propriedades, em comparação com as oriundas do campo aberto. Tais autores observaram que as maiores reduções no MOE foram registradas pelas madeiras das espécies de *Eucalyptus urophylla* e *Pinus elliotii*, nos dois campos de apodrecimento, e naquele dentro da mata a redução foi da ordem de 38 e 35%, e para o campo de fora da mata, 20 e 21%, respectivamente. Em relação ao MOR, TREVISAN et al. (2007) também registraram maior redução percentual nos ensaios com a madeira destas espécies, e naquelas provindas do campo de dentro

da mata a redução foi de 52 e 49%, e nas de fora da mata, 20 e 19%, respectivamente.

Tabela 4. Módulo de ruptura (MPa) da madeira de *E. grandis* ao longo das avaliações.

Table 4. Modulus of rupture (MPa) of *E. grandis* wood during the evaluations.

Avaliação		Não tratada		Tratada	
Nº	Dias	Campo	Floresta	Campo	Floresta
1	0	80,8 (6,8%)		76,1 (9,2%)	
2	60	74,2 (18,3%)	82,3 (9,6%)	80,2 (8,8%)	77,0 (16,5%)
3	120	66,9 (18,8%)	76,7 (10,2%)	77,7 (6,3%)	67,4 (18,2%)
4	180	61,1 (11,3%)	56,1 (18,0%)	64,7 (18,7%)	76,1 (9,2%)
5	240	57,9 (20,1%)	62,4 (18,0%)	63,2 (9,9%)	76,3 (8,2%)
6	300	55,8 (26,2%)	51,5 (20,5%)	60,6 (15,7%)	69,5 (8,0%)
Média		66,12	68,3	70,42	73,73

Entre parênteses está o coeficiente de variação.

Tabela 5. Módulo de ruptura (MPa) da madeira de *E. cloeziana* ao longo das avaliações.

Table 5. Modulus of rupture (MPa) of *E. cloeziana* wood during the evaluations.

Avaliação		Não tratada		Tratada	
Nº	Dias	Campo	Floresta	Campo	Floresta
1	0	124,5 (10,2%)		126,0 (6,2%)	
2	60	121,8 (5,7%)	115,9 (9,8%)	127,2 (12,9%)	123,7 (8,9%)
3	120	105,4 (21,1%)	111,8 (10,0%)	124,4 (14,2%)	128,4 (8,8%)
4	180	116,5 (10,2%)	95,6 (18,5%)	114,9 (8,5%)	125,1 (11,7%)
5	240	108,2 (10,5%)	98,5 (23,0%)	119,4 (7,4%)	133,1 (4,1%)
6	300	81,0 (43,5%)	84,9 (30,5%)	97,3 (20,6%)	102,3 (12,1%)
Média		109,57	105,20	118,20	123,10

Entre parênteses está o coeficiente de variação.

Na Tabela 6, observam-se as comparações múltiplas de médias para o MOE e MOR em função das espécies, tratamentos, ambientes e avaliações. Conforme pode ser observado, houve diferença significativa entre o MOE das espécies, em que o *E. cloeziana* foi significativamente mais resistente do que o *E. grandis*, o que já era esperado em função da maior densidade da primeira (*E. cloeziana*: 0,80 g cm⁻³; *E. grandis*: 0,52 g cm⁻³). O tratamento preservante ocasionou efeito significativo sobre o MOE, em que a madeira tratada foi mais resistente do que a não tratada. Já em função do ambiente de exposição, o mesmo não provocou efeito significativo sobre o MOE.

Tabela 6. Comparação de médias para o MOE e MOR em função das espécies, tratamentos, ambientes e avaliações.

Table 6. Comparison of means for the MOE e MOR in function of the species, treatments, environments and assessments.

Espécie	MOE (MPa)	MOR (MPa)
<i>E. grandis</i>	11158,9 b	69,6 b
<i>E. cloeziana</i>	15766,8 a	114,0 a
Tratamento	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Não tratado	13167,2 b	87,3 b
Tratado	13758,5 a	96,4 a
Ambiente	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Campo aberto	13470,6 a	91,1 a
Floresta	13455,1 a	92,6 a
Avaliações (dias)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
1 (0)	13979,6 a	101,9 a
2 (60)	13597,4 a	100,3 a
3 (120)	13895,2 a	94,8 ab
4 (180)	13409,0 ab	88,8 b
5 (240)	13368,8 ab	89,9 b
6 (300)	12527,2 b	75,4 c

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

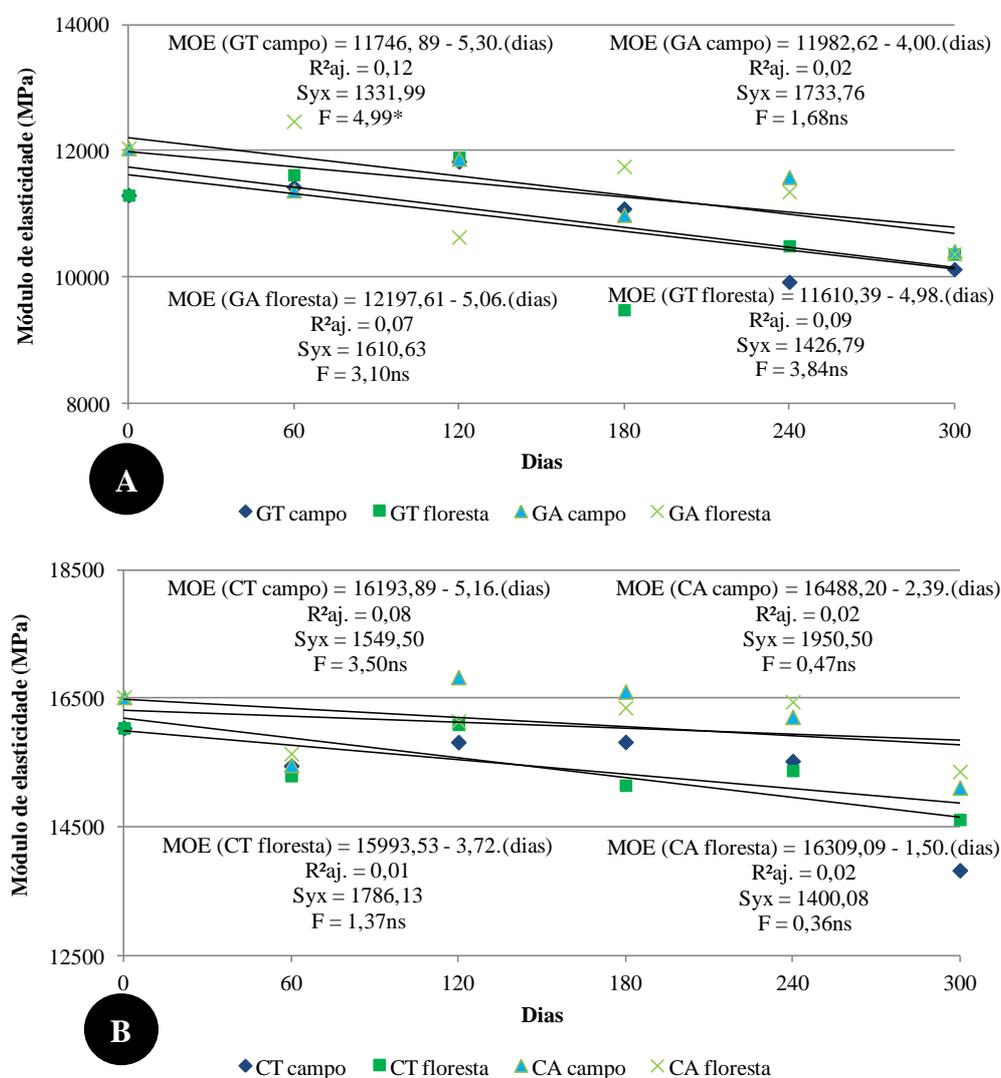
Para as avaliações houve diferença significativa, com redução do MOE no decorrer das mesmas, demonstrando que a deterioração das peças foi sendo intensificada com o passar do tempo. O MOR seguiu a mesma tendência do MOE, com maior resistência para a madeira de *E. cloeziana* quando comparada com a de *E. grandis*, bem como valores superiores da madeira tratada, confirmando o acréscimo de durabilidade proporcionado pelo tratamento preservante.

O ambiente de exposição (campo e floresta) não teve comportamento distinto para o MOR, já para as avaliações houve redução significativa do mesmo, com gradativa perda de resistência ao longo do tempo de exposição ao campo de apodrecimento.

Nas Figuras 3A e 3B podem ser observadas as equações lineares ajustadas para estimativa do MOE da madeira de *E. grandis* e *E. cloeziana*, respectivamente, em função do número de dias em que as amostras permaneceram instaladas em campo de apodrecimento.

Como pode ser observado na Figura 3A, apenas a equação gerada para madeira testemunha exposta ao campo aberto, foi significativa a 5% de probabilidade, já as demais equações não foram significativas para estimativa do MOE em função do número de dias de exposição a campo.

Já para madeira de *E. cloeziana* (Figura 3B) nenhuma das equações geradas foram significativas, com coeficientes de determinação muito baixos, desta forma, não podem ser utilizadas para estimativa do MOE a partir do número de dias de exposição a campo.

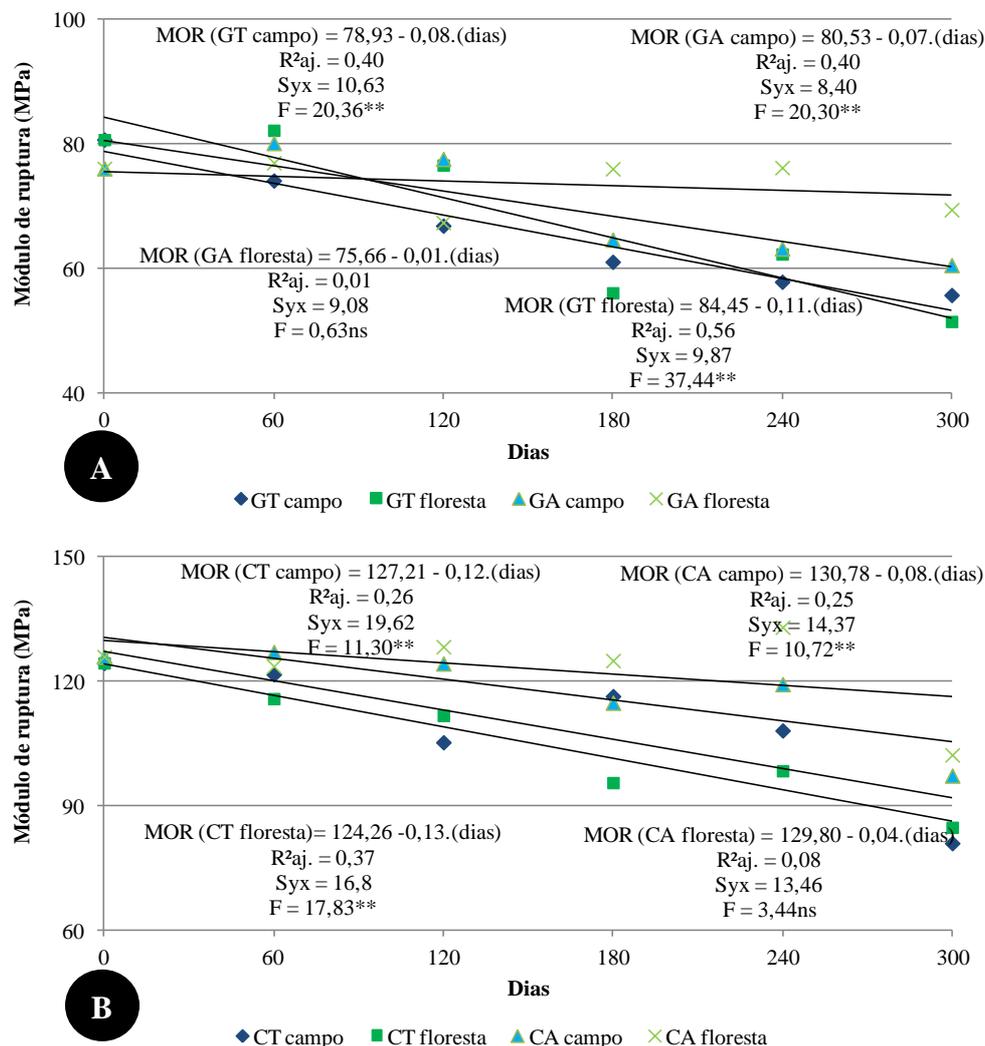


Em que: * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo.

Figura 3. MOE da madeira de *E. grandis* (A) e *E. cloeziana* (B) em função do tempo de exposição (GT = *E. grandis* não tratado; GA = *E. grandis* tratado; CT = *E. cloeziana* não tratado; CA = *E. cloeziana* tratado).

Figure 3. MOE of *E. grandis* (A) and *E. cloeziana* (B) wood depending on the exposure time (GT = untreated *E. grandis*; GA = treated *E. grandis*; CT = untreated *E. cloeziana*; CA = treated *E. cloeziana*).

Nas Figuras 4A e 4B, podem ser observadas as equações lineares ajustadas para estimativa do MOR da madeira de *E. grandis* e *E. cloeziana*, respectivamente, em função do número de dias em que as amostras permaneceram instaladas em campo de apodrecimento.



Em que: * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Figura 4. MOR da madeira de *E. grandis* (A) e *E. cloeziana* (B) em função do tempo de exposição (GT = *E. grandis* não tratado; GA = *E. grandis* tratado; CT = *E. cloeziana* não tratado; CA = *E. cloeziana* tratado).

Figure 4. MOR of *E. grandis* (A) and *E. cloeziana* (B) wood depending on the exposure time (GT = untreated *E. grandis*; GA = treated *E. grandis*; CT = untreated *E. cloeziana*; CA = treated *E. cloeziana*).

Conforme a Figura 4A, todas as equações geradas para estimativa do MOR em função do número de dias de exposição a campo para a madeira de *E. grandis* tiveram bons ajustes, com exceção da madeira tratada submetida à floresta, com coeficientes de determinação aceitáveis e significativos a 1% de probabilidade de erro.

A madeira de *E. cloeziana* (Figura 4B) seguiu a mesma tendência daquela do *E. grandis*, com ajustes significativos a 1% de probabilidade, exceto para madeira tratada exposta ao ambiente florestal. Nesse sentido, é possível utilizar com confiabilidade as equações geradas para estimativa do MOR a partir do número de dias de exposição a campo.

CONCLUSÃO

Com base nas condições de realização do presente estudo observou-se que o tratamento preservante com CCA foi eficiente na redução da deterioração em campo de apodrecimento, proporcionando resistência mecânica superior às peças tratadas. Porém as diferenças seriam mais pronunciadas se o tempo de avaliação fosse mais longo, assim sugere-se que em estudos deste tipo o

período de avaliação seja maior que um ano, para que se possa afirmar com maior exatidão o efeito do tratamento preservante.

REFERÊNCIAS

- AMARAL LS. 2012. Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros. (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Lavras: Universidade Federal de Lavras. 81p.
- ARAUJO HJB. et al. 2012. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. *Acta Amazonica* 42: 49-58.
- APRILE FM et al. 1999. Aspectos cinéticos da degradação de laminados de madeira em ambientes aquático e terrestre. *Revista Brasileira de Biologia* 59: 485-492.
- ABNT. 1997. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de estruturas de madeira: NBR 7190. Rio de Janeiro: ABNT. 107p.
- BARILLARI TC. 2002. Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento. (Mestrado em Ciências Florestais). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 68p.
- CALIL JÚNIOR C & DIAS AA. 1997. Utilização da madeira em construções rurais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 1: 71-77.
- COPANT. 1972. Comisión Panamericana de Normas Técnicas. Maderas: método de determinación de flexión estática: COPANT 30:1-006. La Paz: COPANT. 8p.
- COSTA AFD. 2003. Como preservar a madeira no meio rural. Brasília: UnB. 31 p.
- COSTA AF et al. 2005. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. *Floresta e Ambiente* 12: 07-14.
- MODES KS et al. 2012. Cerne - Resistência natural das madeiras de sete espécies florestais ao fungo *Pycnoporus sanguineus* causador da podridão-branca. *Cerne*, 18: 407-411.
- SALES-CAMPOS C et al. 2003. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae - (pau-rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. *Árvore* 27: 845-853.
- TREVISAN H et al. 2007. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em função da deterioração em dois ambientes. *Revista Árvore* 31: 30-37.
- VIVIAN MA et al. 2020. Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 19: 35-47.