

## DETERIORAÇÃO DA MADEIRA DE ACÁCIA-NEGRA EM DOIS AMBIENTES DE EXPOSIÇÃO

Amanda Grassmann da Silveira<sup>1\*</sup>; Rômulo Trevisan<sup>2</sup>; Elio José Santini<sup>3</sup>; Luciano Campos Cancian<sup>4</sup>; Lilian Gonçalves Mariano<sup>5</sup>

SAP 13359      Data envio: 23/12/2015      Data do aceite: 01/08/2016  
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, jul./set., p. 251-255, 2016

**RESUMO** - Estágios avançados de deterioração têm um efeito crítico nas propriedades mecânicas da madeira. Esse estudo teve como objetivo utilizar o teste mecânico de flexão estática como parâmetro de avaliação da deterioração da madeira de *Acacia mearnsii* em diferentes ambientes. O experimento foi formado por dois campos de apodrecimento situados na região norte do Estado do Rio Grande do Sul: ambiente 1 (campo aberto) e ambiente 2 (floresta estacional decidual), com sete amostras em cada, onde permaneceram por 12 meses. Após o período, foram confeccionados os corpos de prova para o teste de flexão estática a fim de comparar com os de amostras não expostas. Também foi realizado um levantamento das características edafoclimáticas das áreas para melhor entendimento dos resultados. Ambos os campos indicaram uma redução significativa nas variáveis estudadas (MOE, MOR,  $\sigma$ LP) em relação à testemunha. Quando avaliados os dois ambientes, o contraste se mostrou significativo somente para o módulo de elasticidade, nas demais propriedades não foi observada influência significativa dos ambientes, sendo que a floresta gerou as maiores reduções na flexão da madeira da acácia-negra, relacionado com as características do ambiente.

**Palavras-chave:** durabilidade natural, qualidade da madeira, resistência mecânica.

## DETERIORATION OF BLACK WATTLE WOOD IN TWO EXPOSURE ENVIRONMENTS

**ABSTRACT** - Advanced stages of deterioration have a critical effect on the mechanical properties of wood. This study aimed to use the mechanical bending test as a parameter for assessing the deterioration of the wood of *Acacia mearnsii* in different environments. The experiment consisted in two fields of rot in the northern region of the State of Rio Grande do Sul: environment 1 (open field) and environment 2 (seasonal deciduous forest), with seven samples in each, where they stayed for 12 months. After the period were made the specimens to the bending test in order to compare with those of unexposed samples. Was also performed a survey of the soil and climate characteristics of the areas for better understanding of the results. Both fields have indicated a significant reduction in the studied variables (MOE, MOR,  $\sigma$ LP) in relation to the control. When evaluated the two environments, the contrast was significant only for the modulus of elasticity, at the other properties there was no significant influence of environments, the forest produced the greatest reductions in mechanical bending the wood of black wattle, related to the environment characteristics.

**Key words:** natural durability, wood quality, mechanical resistance.

## INTRODUÇÃO

A determinação da resistência natural da madeira é necessária para o seu uso adequado, possibilitando a redução de custos futuros com a substituição do material deteriorado (PAES et al., 2004). A madeira pode apresentar alta, média ou baixa resistência à ação de agentes deterioradores, sendo dependente de um conjunto de fatores bióticos e abióticos, nos quais estão as condições climáticas, variedade dos organismos

decompositores e sua relação com o substrato, e ainda as características físicas e químicas do material a ser decomposto (SWIFT et al., 2006).

Para que seja caracterizada a durabilidade natural da madeira podem ser utilizados ensaios de campo ou de laboratório (BRISCHKE; ROLF-KIEL, 2010). De acordo com Mattos et al. (2013), ensaios de campo caracterizam de melhor forma a resistência natural da madeira, devido

<sup>1</sup>Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Campus Universitário Dr. José Mariano da Rocha Filho, Av. Roraima 1000, CEP 97105-900, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: [amandagrassmann@gmail.com](mailto:amandagrassmann@gmail.com). \*Autor para correspondência

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, UFSM, Campus de Frederico Westphalen, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup>Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, UFSM, Campus Universitário Dr. José Mariano da Rocha Filho. E-mail: [eliosantini@smail.ufsm.br](mailto:eliosantini@smail.ufsm.br)

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Campus Universitário Dr. José Mariano da Rocha Filho. E-mail: [lucianocancian@msn.com](mailto:lucianocancian@msn.com)

<sup>5</sup>Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, UFSM. E-mail: [lilian\\_mariano@hotmail.com](mailto:lilian_mariano@hotmail.com)

Deterioração da madeira...

SILVEIRA, A. G. et al. (2016)

as condições reais de deterioração, principalmente por estar em contato com o solo.

Assim como a durabilidade natural, compreender as propriedades físico-mecânicas da madeira também permite o emprego correto do material, evitando problemas relacionados à segurança e prejuízos na reposição de peças inadequadas. Abruzzi et al. (2012) destacam a boa adequabilidade do material em situações que exijam resistência mecânica, como a utilização de postes e mourões, além da boa relação custo-benefício que a madeira apresenta quando comparada à materiais como aço e concreto.

As informações das propriedades mecânicas da madeira são de grande importância para avaliar sua qualidade, por meio dos limites de resistência e aplicabilidade (BRAZ, 2014). Uma boa alternativa de verificar o desempenho mecânico deste material é pelo ensaio de flexão estática, pois por meio dele é possível comparar espécies madeireiras de propriedades conhecidas, e desta forma permitir indicações de uso (STANGERLIN et al., 2008).

Estágios avançados da deterioração têm um efeito crítico nas propriedades mecânicas da madeira, e devido a isso, testes de resistência à flexão estática, compressão e tração fornecem boas medidas da deterioração da madeira (FOREST; WILDLIFE, 2004). Nesse sentido, verifica-se a importância de estudar madeiras de espécies florestais e suas respectivas características, com a finalidade de se obter dados precisos sobre possíveis utilizações. O presente trabalho objetivou utilizar a propriedade flexão estática como parâmetro para avaliar a deterioração da madeira de *Acacia mearnsii* em diferentes ambientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Frederico Westphalen, localizado no Alto Médio Uruguai, Rio Grande do Sul, com latitude de 27° 21' S e longitude de 53° 23' O. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com precipitação média anual elevada, geralmente entre 1.800 e 2.100 mm, bem distribuída ao longo do ano e subtropical do ponto de vista térmico.

A madeira de *Acacia mearnsii* foi adquirida de um plantio de oito anos de idade, situado em uma propriedade no município de Frederico Westphalen. Foram derrubadas sete árvores com diâmetro médio de 15 cm e 4,5 m de altura, estas originaram 21 moirões de 1,5 m de

altura. Estabeleceram-se dois campos de apodrecimento, sendo um campo aberto coberto por gramíneas (ambiente 1) e outro dentro de um fragmento de vegetação da floresta estacional decidual (ambiente 2), possuindo ambos 14 m<sup>2</sup> (2 x 7 m). Foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado, onde sete amostras foram destinadas para cada ambiente, onde as mesmas foram enterradas a 30 cm de profundidade e permaneceram expostas por 12 meses. Com o restante do material, foram realizadas as avaliações da madeira não exposta às intempéries.

Um termo-higrômetro foi utilizado para leitura da temperatura e umidade relativa das áreas, além da coleta de cilindros de solo indeformados para avaliação da porosidade total e da densidade do solo nas áreas de estudo. Posteriormente, as médias das variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## Ensaio de flexão estática

A confecção dos corpos de prova para a realização dos ensaios de flexão estática teve como referência a norma ASTM D 143 com adaptações referentes às dimensões, sendo estas de 2,0 x 2,0 x 30 cm. Foram confeccionados 42 corpos de prova, com amostras retiradas da região próxima à casca, buscando caracterizar o alburno do material, ao longo de todo o moirão. Desta forma, foram testadas 14 amostras obtidas das toras não expostas às intempéries e 28 das expostas às intempéries. Destas últimas, 14 oriundas das toras expostas em campo aberto e 14 das expostas no campo de apodrecimento localizado na floresta. O ensaio foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos com sistema de aquisição de dados automatizado.

Os tratamentos utilizados foram: material não submetido ao apodrecimento (testemunha) (T1); material oriundo do campo aberto após 12 meses de apodrecimento (T2); material oriundo da floresta após 12 meses de apodrecimento (T3).

Na análise da variância foram utilizados contrastes ortogonais para a comparação das médias de tratamentos (T2 e T3 vs T1; T2 vs T3) para avaliação da flexão estática.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento das características edafoclimáticas das diferentes áreas está expresso na Tabela 1.

**TABELA 1.** Análise das variáveis edafoclimáticas nos diferentes ambientes.

Áreas	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Densidade do Solo	Porosidade Total
Campo aberto (ambiente 1)	18,9 a	73,9 b	1,191 b	55,0 b
Floresta (ambiente 2)	17,0 b	83,7 a	0,846 a	68,1 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Verifica-se que as características edafoclimáticas dos ambientes foram diferentes, de modo que o ambiente 1 possui maior temperatura média e maior densidade do

solo, e o ambiente 2 mostra-se mais úmido e com solo mais poroso.

Percebe-se que o período em campo de apodrecimento gerou alterações na madeira, afetando as propriedades mecânicas estudadas, ou seja, os módulos de ruptura e elasticidade da madeira de *Acacia mearnsii*,

decreceram quando expostos. O ambiente floresta apresentou uma influência maior na redução das características avaliadas (Tabela 2).

**TABELA 2.** Flexão estática da madeira de Acácia-negra, valores médios de MOR, MOE e  $\sigma$ LP.

Tratamentos	MOR (kgf cm <sup>-2</sup> )	MOE (kgf cm <sup>-2</sup> )	$\sigma$ LP (kgf cm <sup>-2</sup> )
Testemunha	1.191,00	136.948,00	757,07
Campo aberto	704,15	107.249,21	475,16
Floresta	515,46	73.196,76	339,19

Em que: MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade;  $\sigma$ LP: tensão limite proporcional.

Seguindo parâmetros de classificação das madeiras segundo a flexão estática, de acordo com IBAMA (2011), a madeira é considerada de baixa resistência mecânica quando o módulo de ruptura fica abaixo de 662 kgf cm<sup>-2</sup> e o módulo de elasticidade abaixo de 96.000 kgf cm<sup>-2</sup>, enquanto que o material é classificado como altamente resistente quando apresenta valores acima de 697 kgf cm<sup>-2</sup> para MOR e 131.000 kgf cm<sup>-2</sup> para MOE. Valores intermediários aos apresentados significam que a madeira possui moderada resistência.

A madeira exposta no campo aberto apresentou módulo de elasticidade reduzido a ponto de ser classificada como moderada, segundo os parâmetros descritos. Já para a madeira exposta na floresta, a redução foi ainda mais expressiva, e os módulos passaram a ser classificados como baixos, tornando-a inapropriada para utilização nas condições de ambiente testadas. Entende-se que quando um determinado material perde elasticidade, compromete a sua capacidade de se recuperar de pequenas deformações,

tornando-se mais plástico e mais fácil de ser quebrado (KRETSCHMANN, 2010).

Em outro estudo, avaliando espécies folhosas de rápido crescimento, os valores dos módulos de ruptura e elasticidade para *Eucalyptus grandis* foram, respectivamente, de 823 e 11.5248 kgf cm<sup>-2</sup>, enquanto que para *Eucalyptus cloeziana* obtiveram-se 1.269 kgf cm<sup>-2</sup> para MOR e 163.619 kgf cm<sup>-2</sup> para MOE. Quando submetidas ao ensaio de campo, as propriedades decresceram, onde a primeira espécie descrita apresentou valores de 569 e 103.271 kgf cm<sup>-2</sup> (MOR e MOE, respectivamente) no ambiente campo, e no ambiente floresta, os módulos situaram em 528 e 105.714 kgf cm<sup>-2</sup>. Na segunda espécie descrita, os valores foram de 825 e 141.043 kgf cm<sup>-2</sup> no campo. Já na floresta, os módulos obtiveram valores de 865 e 149.106 kgf cm<sup>-2</sup> (VIVIAN, 2011).

Os contrastes ortogonais aplicados para comparação das médias de MOR, MOE e  $\sigma$ LP, de acordo com os tratamentos, estão apresentados na Tabela 3.

**TABELA 3.** Comparação por contrastes ortogonais para as médias das variáveis MOR, MOE e  $\sigma$ LP.

	MOR	
	Média x Média	Incremento
Campo x Test*	704,15 x 1191,0	-486,85
Floresta x Test*	515,46 x 1191,0	-675,54
Campo x Floresta	704,15 x 515,46	188,69
	MOE	
	Média x Média	Incremento
Campo x Test*	107249,21 x 136948,0	-29698,79
Floresta x Test*	73196,7 x 136948,0	-63751,3
Campo x Floresta*	107249,21 x 73196,7	34052,51
	$\sigma$ LP	
	Média x Média	Incremento
Campo x Test*	475,16 x 757,07	-281,91
Floresta x Test*	339,19 x 757,07	-417,88
Campo x Floresta	475,16 x 339,19	135,97

\*Significativo à 5% de probabilidade.

Em que: MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade;  $\sigma$ LP: tensão limite proporcional.

Os contrastes aplicados para a avaliação do módulo de ruptura demonstram que ambos os ambientes causaram uma redução significativa nesta propriedade quando comparados à testemunha, e, apesar de ser observada diferença numérica, os ambientes não apresentaram contrastes significativos entre eles. Em relação ao módulo de elasticidade, os valores indicam significância em todos os contrastes apresentados, indicando influência do ambiente 2 na redução da

característica elástica do material. Para os valores de tensão, a resposta foi semelhante aos observados no módulo de ruptura.

Quando se observa o decréscimo dos valores referentes às propriedades estudadas, é perceptível que a exposição às intempéries favorece a decomposição da madeira, sendo esta, mais acentuada no ambiente florestal (Figura 1).

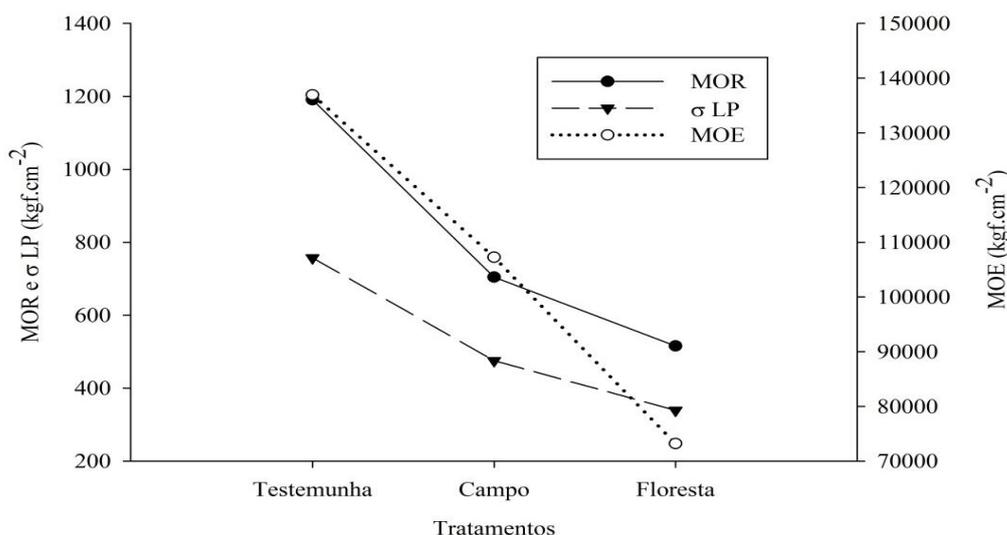


FIGURA 1 - Relação da flexão estática com os tratamentos.

Na Figura 1, cada linha representa uma variável, onde inicialmente apresentavam altos valores referentes à flexão estática. Porém, com o período de exposição, os valores decresceram, sendo maior a redução nas amostras provenientes da floresta, indicando o ambiente com características mais propícias aos agentes deterioradores. Vivian (2014), em experimento semelhante, afirmou que amostras instaladas dentro da floresta foram mais deterioradas em comparação às do campo aberto. Esse resultado foi relacionado às características edafoclimáticas inerentes ao ambiente florestal, que favorecem a diversidade e a atuação dos organismos decompositores da madeira.

A decomposição da madeira ocorre de forma mais rápida em áreas quentes e úmidas, decorrente da atividade de microrganismos como fungos e bactérias (SCHIMITT et al., 2005). Devido às diferenças nas proporções da cobertura vegetal entre os ambientes, ocorre influência tanto na interceptação dos raios solares quanto na manutenção de um microclima com menores taxas de evaporação de água pelo dossel da floresta, tornando este ambiente ideal para o ataque biológico (RIBEIRO, 2014).

Melo et al. (2010) destacam a elevada decomposição da madeira no ambiente Floresta pela influência da umidade existente neste ambiente, assim maior capacidade de armazenamento de água no solo e da pouca transmissão de raios solares pelas copas, o que

proporciona baixa luminosidade e temperaturas inferiores às alcançadas no ambiente de campo.

Os valores superiores de densidade do solo verificado no solo do ambiente 1 também influenciaram nos resultados, visto que a densidade está diretamente ligada a capacidade de armazenamento de água no solo, e quanto mais denso for o solo, menor será o espaço disponível para a armazenagem de água (ALVES, 2001). De acordo com Mendes e Alves (1988), isto interfere diretamente no desenvolvimento de cupins subterrâneos, devido a sua baixa resistência a umidade, tornando desta forma, o campo aberto menos propenso ao ataque destes organismos.

Outra característica da floresta que favoreceu a deterioração foi a elevada porosidade do solo, propriedade relacionada com a capacidade de aeração do solo, onde valores elevados de porosidade total refletem e maior é a capacidade de aeração deste solo. Mendes e Alves (1988) afirmam também que solos porosos favorecem o desenvolvimento de organismos xilófagos devido a maior umidade que apresentam, além de maiores concentrações de oxigênio, essencial para o estabelecimento de fungos.

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste experimento, conclui-se que a madeira de Acácia-negra exposta por 12 meses, em áreas de campo aberto e floresta, reduz significativamente suas propriedades de flexão estática. As

Deterioração da madeira...

SILVEIRA, A. G. et al. (2016)

amostras provenientes do ambiente floresta mostraram-se mais deterioradas e com consequente redução mais significativa das propriedades mecânicas em relação às madeiras expostas no ambiente campo aberto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUZZI, R.C.; PIRES, M.R.; DEDAVID, B.A.; KALIL, S.B. Relação das propriedades mecânicas e densidade de postes de madeira de eucalipto com seu estado de deterioração. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.1173-1181, 2012.
- ALVES, M.C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira**. 2001. 83p. Tese Doutorado - Universidade do Estado de São Paulo, Ilha Solteira, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Standard test methods for small clear specimens of timber**. West Conshohocken. D143, 2000.
- BRAZ, R.L. **Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2014. 255p. Tese Doutorado - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- BRISCHKE, C.; ROLF-KIEL, H. Durability of European oak (*Quercus* spp.) in ground contact - a case study on fence posts in service. **European Journal of Wood and Wood Products**, v.68, p.129-137, 2010.
- FOREST; WILDLIFE. **New methods for accelerating the development of wood preservatives**. Research Center. Department of Products Research. Mississippi State University, 2004. Disponível em: <<http://fwrc.msstate.edu/wur/pdf/wur.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/resultado.php?idioma=portugues>>. Acesso em: 28 out. 2014.
- KRETSCHMANN, D.E. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.
- MATTOS, B.D.; GATTO, D.A.; CADEMARTORI, P.H.G.; STANGERLIN, D.M.; BELTRAME, R. Durabilidade a campo da madeira de três espécies de *Eucalyptus* tratadas por imersão simples. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.648-655, 2013.
- MELO, R.R.; STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A.; SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, v.20, n.2, p.357-365, abr./jun. 2010. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1858/1203>>. Acesso em: 05 jun. 2015.
- MENDES, A.S.; ALVES, M.V.S.A **Degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1988. 56p.
- PAES, J.B.; MORAIS, V.M.; LIMA, C.R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.275-282, 2004.
- RIBEIRO, M.A.; STANGERLIN, D.M.; SOUZA, A.P.; CARDOSO, G.V.; CALEGARI, L.; GATTO, D.A. Durabilidade natural da madeira de jequitibá em ensaios de deterioração em campo aberto e floresta durante as estações de seca e chuva. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.4, p.402-411, out./dez. 2014. Disponível em: <<http://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/262/279>>. Acesso em: 05 jun. 2015.
- SCHMITT, U.; SINGH, A.P.; THIEME, H.; FRIEDRICH, P., HOFFMANN, P. Electron microscopic characterization of cell wall degradation of the 400,000-year-old wooden Schöningen spears. **Holz als Roh- und Werkstoff**, v.63, n.2, p.118-122, 2005.
- STANGERLIN, D.M.; MELO, R.R.; DOMINGUES, J.M.X.; TREVISAN, R.; GATTO, D.A.; MULLER, M.T.; CALEGARI, L. Determinação da resistência ao impacto para as madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*. In: XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 14., 2008, Londrina, PR. **Anais...** Londrina, PR, 2008.
- SWIFT, M.J.; HEAL, D.W.; ANDERSON, J.M. **Studies in ecology-decomposition interrestrial and aquatic ecosystems**. 2006. 94p. Tese - Swedish University of Agricultural Sciences, Swedish, 2006.
- VIVIAN, M.A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo**. 2011. 105f. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- VIVIAN, M.A.; SANTINI, E.J.; MODES, K.S.; CARVALHO, D.E.; MORAIS, W.W.C. Resistência biológica da madeira tratada de duas espécies de *Eucalyptus* em ensaio de campo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.34, n.80, p.425-433, out./dez. 2014.