

**QUALIFICAÇÃO DA SUPERFÍCIE ACABADA EM MADEIRAS DE *Eucalyptus grandis*
W. Hill ex Maiden, *Toona ciliata* M. Roemer e *Coffea arabica* L.**

José Reinaldo Moreira da Silva¹, Joyce de Almeida Alves²,
Mariana de Oliveira Gonçalves Nogueira², Pedro Paulo de Carvalho Braga³

RESUMO: Os acabamentos visam à melhoria da estética de uma madeira usinada. Eles também garantem a durabilidade do produto madeireiro. A qualidade do revestimento está relacionada com a superfície ancoradora e com o produto utilizado. Normalmente, superfícies de qualidade devem apresentar baixa rugosidade, poucos defeitos e ausência de impurezas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Toona ciliata* e *Coffea arabica* submetidas a acabamentos com o verniz nitrocelulósico. Os corpos-de-prova foram secos (12%), aplainados e lixados (grã de 100-150-220) sendo aplicados seladora e verniz. A seguir foram executadas as qualificações da superfície pela aderência, brilho (glossmeter), abrasividade (abraser), dureza e espessura da camada seca (ultrassom). Os resultados mostraram que os ensaios de abrasividade e brilho não apresentaram diferença estatística entre as madeiras envernizadas. O maior valor de dureza encontrado foi para o verniz aplicado sobre a madeira de *Eucalyptus grandis* (298 g). O menor valor de espessura da camada seca encontrado foi para o verniz aplicado sobre a madeira de *Coffea arabica* (55,37 µm). O verniz nitrocelulósico apresentou bom desempenho em relação à aderência, não ocorrendo destacamento do verniz na intersecção e destacamento menor que 1 mm ao longo das incisões para todas as madeiras.

Palavras-chave: Usinagem da madeira, acabamento superficial, verniz nitrocelulósico.

**QUALIFICATION OF THE SURFACE FINISHED IN WOOD OF *Eucalyptus grandis*
W. Hill ex Maiden, *Toona ciliata* M. Roemer and *Coffea arabica* L.**

ABSTRACT: The finishing is intended to improve the aesthetics of a wood machined. It also guarantee a durability of wood products. The quality of the coating is related with the anchored surface and product used. Normally, surface of quality should have low roughness, few defects and absence of impurities. The objective of this work was to evaluate the behavior of the wood of *Eucalyptus grandis*, *Toona ciliata* and *Coffea arabica* subjected to finishing with nitrocellulose varnish. Samples were dried (12%), planed, sanded (grain of 100-150-220) and received sealer and varnish. Next, the surface qualifications were assessed by adhesion, brightness (Glossmeter), abrasiveness (abrasimeter), hardness and dry layer thickness (ultrasound). Brightness and abrasiveness tests showed no statistical difference among the varnished wood. The highest hardness value was found in the varnish applied over the wood of *Eucalyptus grandis* (298 g). The lowest dry layer thickness value was found in the varnish applied over the wood of *Coffea arabica* (55.37 µm). The nitrocellulose varnish showed good performance in terms of adherence, without occurrence of detachment at the intersection of the varnish and detachment lower than 1 mm along the incisions in all woods.

Key words: Wood machining, surface finish, nitrocellulose varnish.

1 INTRODUÇÃO

Os acabamentos visam à melhoria da estética de uma madeira usinada e garantem a durabilidade do produto madeireiro. A qualidade do revestimento está relacionada com a superfície ancoradora e com o produto utilizado.

Segundo Watai (1995), a preparação da superfície é de primordial importância em acabamento da madeira, pois o filme de acabamento ou revestimento não elimina os defeitos, mas os torna mais evidentes.

Normalmente, superfícies de qualidade devem apresentar baixa rugosidade, poucos defeitos e ausência de impurezas. Esses fatores estão intimamente

correlacionados com o material a ser utilizado e com os parâmetros de usinagem.

De acordo com Bonduelle, Cruz e Silva (2002), a usinagem da madeira pode ser definida pela função 5M, sendo:

- matéria-prima: relacionada com todas as propriedades intrínsecas da madeira e suas interações com o processo;
- máquina: relacionada com os aspectos construtivos das máquinas, incluindo os dispositivos de fixação, de condução e de exaustão de cavacos que visam à melhoria da operação de usinagem;
- metodologia: abrange toda a definição dos

¹Engenheiro Florestal, Professor Dr. em Engenharia Florestal – Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – jreinaldoms@gmail.com

²Graduanda em Engenharia Florestal – Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – joyce_a.alves@yahoo.com.br, mari.florestal@yahoo.com.br

³Engenheiro Florestal, Pós-graduando em Ciência e Tecnologia da Madeira – Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – pedropaulobraga22@yahoo.com.br

parâmetros de usinagem a serem utilizados, bem como escolha das ferramentas mais adequadas para otimizar o processamento;

- mão-de-obra: considera o treinamento dos operadores executores das tarefas de usinagem que devem ter conhecimentos de todos os itens anteriores para poder interferir, no momento certo, caso notem alguma deficiência no processo;

- meio ambiente: considera-se que todas as fases de processamento devem evitar degradações do ambiente com pensamento de melhor aproveitamento da matéria-prima, minimizando os resíduos e ruídos.

Os produtos normalmente utilizados em acabamentos de madeiras são seladoras, tintas e vernizes. Os vernizes são tintas incolores utilizadas no acabamento final, podendo ser naturais ou sintéticos. Vernizes à base de resina nitrocelulósica são largamente utilizados na indústria moveleira e, por serem resinas naturais, sua preparação é feita pela simples adição de solvente.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Toona ciliata* e *Coffea arabica* submetidas a acabamentos com o verniz nitrocelulósico por meio de ensaios normatizados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo do material

2.1.1 *Eucalyptus grandis*

O *Eucalyptus grandis*, 20 anos de idade, foi obtido do plantio de teste de procedência (PRODEPEF) localizado no campus da Universidade Federal de Lavras, plantado em espaçamento 3 x 2 m². Após o abate, as árvores foram transportadas para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (DCF-UFLA). Nesse local, as toras foram desdobradas e as tábuas secas até atingirem umidade de equilíbrio de 12%.

2.1.2 *Coffea arabica*

A madeira de *Coffea arabica* foi proveniente da renovação de um plantio de 15 anos, espaçamento 3 x 2 m², localizado no município de Coqueiral, sul de Minas Gerais. O cafeeiro foi desganhado, cortado e transportado para o Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF-UFLA). Os toretes foram armazenados em local coberto e selecionados, obtendo-se um total de 22. Após a seleção, esses toretes foram desdobrados, aplainados e serrados, obtendo-se

sarrafos de 25 mm de espessura, comprimento e largura variáveis. Os sarrafos foram empilhados ao ar livre até atingirem a umidade de equilíbrio (12%).

2.1.3 *Toona ciliata*

A madeira de *Toona ciliata* M. Roem (cedro australiano) foi obtida da Fazenda São Domingos, município de Venda Nova do Imigrante, ES. O plantio não tinha espaçamento definido e, na época de abate, as árvores tinham, aproximadamente, 18 anos de idade. Após o abate, as toras foram desdobradas e secas (12%) na Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (DCF-UFLA).

2.2 Preparo dos corpos de prova

As tábuas de *Eucalyptus grandis* e *Toona ciliata*, secas a 12% de umidade, foram aplainadas e cortadas no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF-UFLA). Obtiveram-se, para cada espécie, 5 corpos-de-prova de dimensões de 95 x 95 x 15 mm para o ensaio de abrasividade, 5 corpos-de-prova de dimensões de 240 x 30 x 15 mm para os ensaios de dureza e 5 corpos-de-prova de dimensões de 140 x 95 x 15 mm, para ensaios de aderência, brilho e espessura da camada seca.

Os sarrafos obtidos da madeira do cafeeiro foram colados e, posteriormente, cortados, obtendo-se 5 corpos-de-prova de dimensões de 95 x 95 x 20 mm para o ensaio de abrasividade e 9 corpos-de-prova de espessura de 25 mm e comprimento e largura variáveis para os ensaios de dureza, aderência, brilho e espessura da camada seca.

Todas as amostras foram lixadas com a sequência de lixas de grã 100-150-220, sempre no sentido das fibras, evitando-se o arranhamento da superfície. Os produtos de acabamento foram aplicados com uma pistola de pressão na cabine de pintura, as amostras receberam a seladora e, após a secagem, o verniz nitrocelulósico.

2.3 Ensaio de aderência

Baseando-se na norma ABNT NBR 11003, de 1990, foram executados os testes de aderência do verniz sobre a superfície da madeira por meio do método de corte em forma de um X, avaliando o destacamento na intersecção e ao longo das incisões cruzadas. Para o destacamento foi utilizada uma fita de polipropileno código 730 da Adere Produtos Auto-Adesivos Ltda., de 25 mm de largura e adesividade de 32 g/mm (Figura 1).

Os resultados foram expressos de acordo com tabelas de classificação propostas pela norma (Tabela 1).

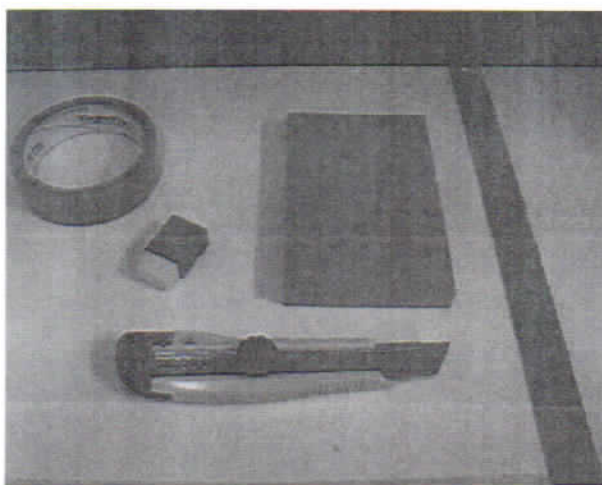


Figura 1 – Teste de aderência por meio do destacamento na intersecção e ao longo das incisões pelo método das incisões cruzadas. Detalhe do material necessário.

Figure 1 – Adherence test by through detachment at the intersection and along the incisions by the method of cross-incisions. Detail of the required material.

Tabela 1 – Códigos utilizados para a classificação dos cortes e respectivos significados.

Table 1 – Codes used to classify the cuts and their respective meanings.

Código	Destacamento ao longo das incisões
X ₀	Nenhum destacamento ao longo das incisões
X ₁	Destacamento até 1 mm ao longo das incisões
X ₂	Destacamento até 2 mm ao longo das incisões
X ₃	Destacamento até 3 mm ao longo das incisões
X ₄	Destacamento acima de 3 mm ao longo das incisões
Código	Destacamento na intersecção
Y ₀	Nenhum destacamento na intersecção
Y ₁	Destacamento até 2 mm em um ou em ambos os lados na intersecção
Y ₂	Destacamento até 4 mm em um ou em ambos os lados na intersecção
Y ₃	Destacamento até 6 mm em um ou em ambos os lados na intersecção
Y ₄	Destacamento acima de 6 mm em um ou em ambos os lados na intersecção

Fonte: Norma ABNT NBR 11003 de 1990.

2.4 Ensaios de dureza

O ensaio de dureza consiste em avaliar a resistência de materiais ao risco. Neste ensaio utilizou-se a caneta TQC Hardness Pen para a coleta de dados. A caneta foi pressionada perpendicularmente à superfície das amostras envernizadas e arrastada a uma pressão constante. Esta pressão foi alterada variando-se a escala ou trocando-se as molas que

acompanham a caneta, até que a superfície apresentasse arrancamento da película de verniz (Figura 2a e 2b).

2.5 Brilho

Os dados de brilho foram coletados com o Novo-Gloss Trio (Figura 3a), aparelho que permite a leitura nos ângulos de medição de 20°, 60° e 85° que são indicados,

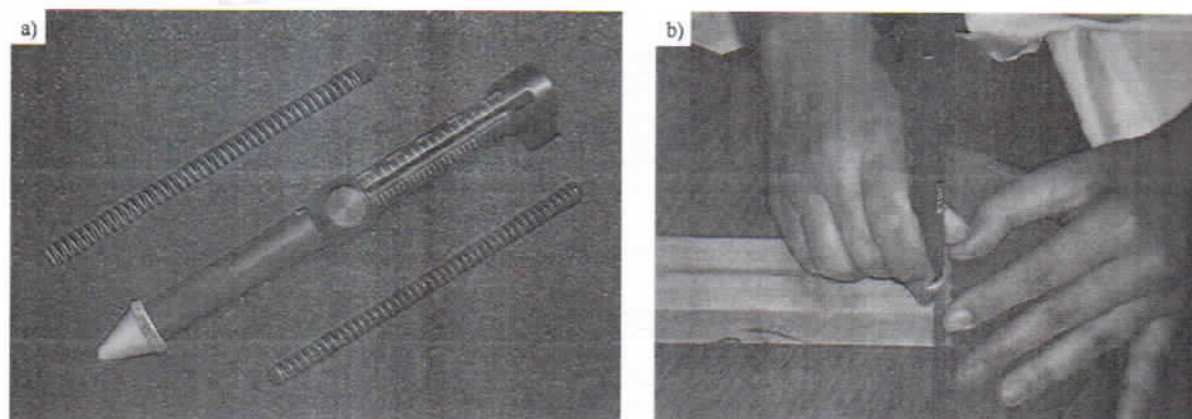


Figura 2 – Ensaio de dureza: a) TQC Hardness pen e b) execução do risco na superfície.

Figure 2 – Hardness test: a) TQC Hardness pen and b) making the trace on the surface.

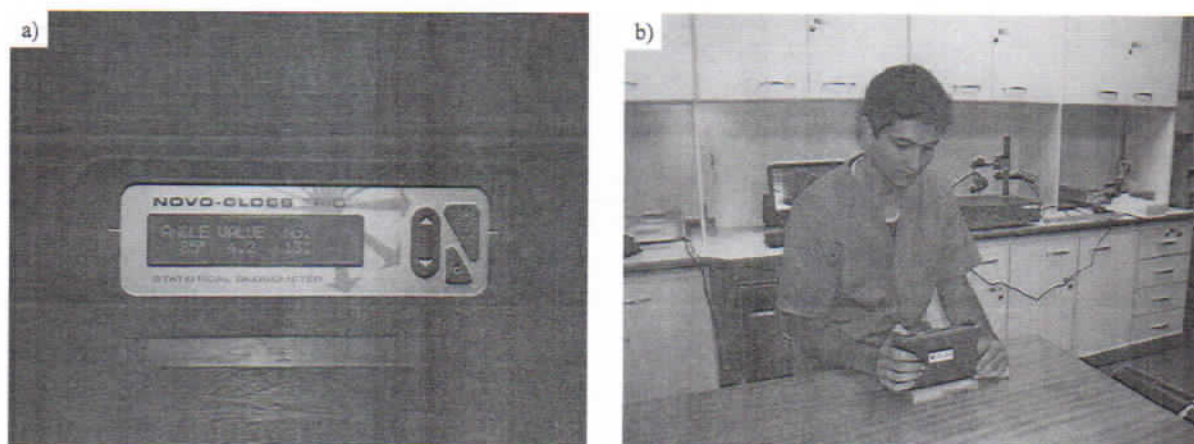


Figura 3 – Ensaio de brilho a) detalhe do equipamento e b) coleta de dados.

Figure 3 – Test of brightness: a) detail of the equipment and b) data collection.

respectivamente, para superfícies de alto, médio e baixo brilho. O Novo-Gloss Trio mede o percentual refletido da luz incidente na superfície.

As medições foram realizadas tanto na face que recebeu o verniz quanto na sem verniz. O ângulo de medição foi de 60°, sendo chamado de ângulo universal (Figura 3b).

2.6 Ensaio de abrasividade

O ensaio foi realizado pelo Abrasser 5135 (Figura 4 a). A metodologia utilizada, desenvolvida por Martins (2008), empregou roldanas abrasivas do tipo H-18, cargas

de 500 g por braço e velocidade de 72 ciclos* mim^{-1} , submetidos a 500 ciclos de abrasão.

Após o ensaio, foram demarcados dezesseis pontos, sendo oito na superfície de abrasão e oito na superfície original do corpo-de-prova. Os pontos foram mensurados por meio de um relógio comparador (Figura 4 b) e, após as medições, fez-se o cálculo da depressão causada pela abrasividade (Equação 1). A realização desse ensaio teve o objetivo de determinar a resistência das madeiras envernizadas à fricção de elementos abrasivos.

$$D_{\text{abrasividade}} = \frac{(Le_1 - Lt_1) + (Le_2 - Lt_2) + \dots + (Le_7 - Lt_7) + (Le_8 - Lt_8)}{8} \quad (1)$$

em que

$D_{\text{abrasividade}}$ = depressão causada pela abrasividade;
 Le_i = leitura externa (superfície original) para $i = 1$ a 8 ;
 Li_j = leitura interna (região de abrasão), para $j = 1$ a 8 .

2.7 Espessura da camada seca

Os dados de espessura da camada seca foram coletados por meio do Ultrassom Positector[®]200. A sonda do PosiTector 200 emite um pulso de onda de alta frequência, que é transmitida para o revestimento por meio de um gel. A onda é refletida assim que encontra um material com diferente

densidade. As leituras de espessura da camada são obtidas por meio do tempo gasto para o sinal de ultra-som se propagar, desde a sonda até o revestimento/interface do substrato e voltar. A espessura da camada é calculada dividindo-se este tempo por dois e multiplicando-se pela velocidade do som no revestimento (DEFELSKO, 2006).

O ensaio consistiu em espalhar o gel sobre três pontos na madeira e, em seguida, posicionou-se o sensor sobre o gel, obtendo-se a leitura no visor (Figura 5). Em cada amostra envernizada foram feitas três leituras e, posteriormente, calculada a média.

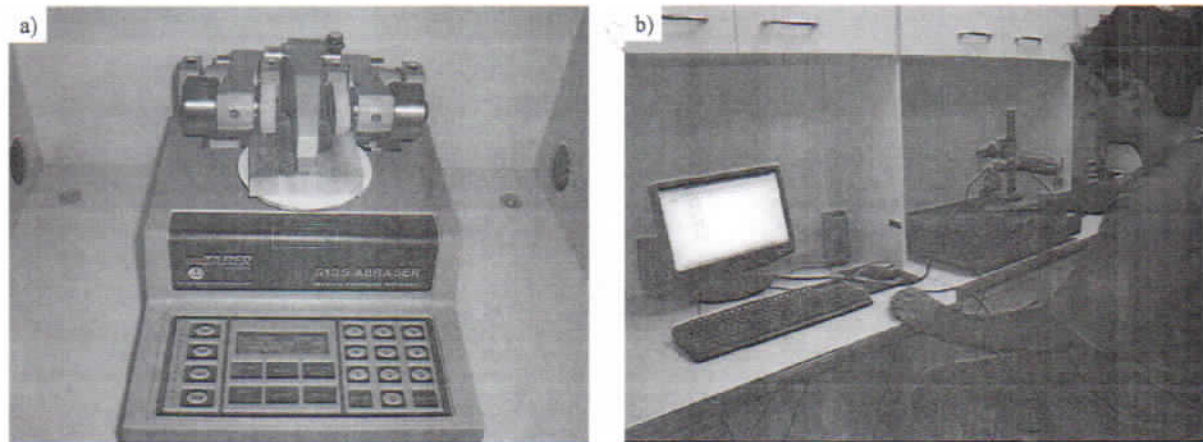


Figura 4 – Ensaio de abrasividade a) equipamento Abrasser 5135 e b) coleta das depressões por meio de relógio comparador.

Figure 4 – Abrasiveness test: a) Equipment Abrasser 5135 and b) Collection of depressions through dial indicator.

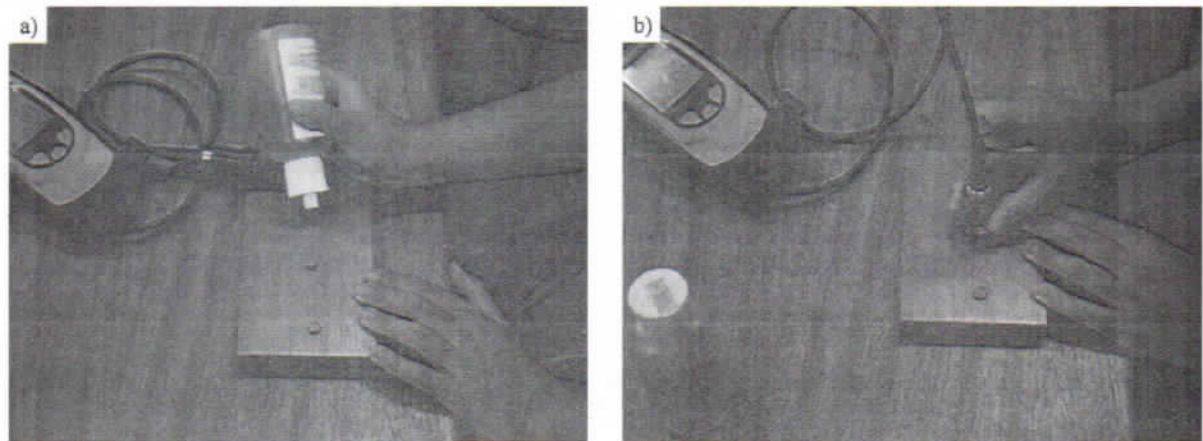


Figura 5 – Ensaio para mensuração da espessura da camada seca de verniz. a) aplicação do gel em três pontos e b) coleta de dados.

Figure 5 – Tests for measuring the thickness of the dry layer of varnish: a) application of gel on three points and b) data collection.

2.8 Análise estatística

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições para os ensaios de dureza, brilho, abrasividade e espessura da camada seca. Após a análise de variância, foi realizado o teste de média Scott-Knott, a 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aderência

Na Figura 6 observam-se os resultados dos testes de aderência para destacamento na intersecção (classes Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) e ao longo das incisões (Classes X_0, X_1, X_2, X_3, X_4).

O verniz à base de nitrocelulose apresentou bom desempenho, não ocorrendo destacamento na intersecção (classe Y_0), para todas as madeiras. No destacamento ao longo das incisões, todas as amostras foram classificadas

como X_1 , ou seja, destacamento até 1 mm ao longo das incisões, confirmando a boa aderência do verniz.

3.2 Dureza

Na Tabela 2 encontra-se a comparação múltipla entre os valores médios de dureza entre as espécies, quando aplicado o verniz nitrocelulósico, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Observou-se que o verniz nitrocelulósico aplicado sobre a madeira de *Eucalyptus grandis* apresentou, quando comparado com o verniz aplicado sobre a madeira de *Toona ciliata* e *Coffea arabica*, em média, maior valor de dureza quando comparado com o nitrocelulósico.

3.3 Brilho

Na Tabela 3, observa-se a comparação múltipla entre os valores médios de brilho entre as espécies quando aplicado o verniz nitrocelulósico, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

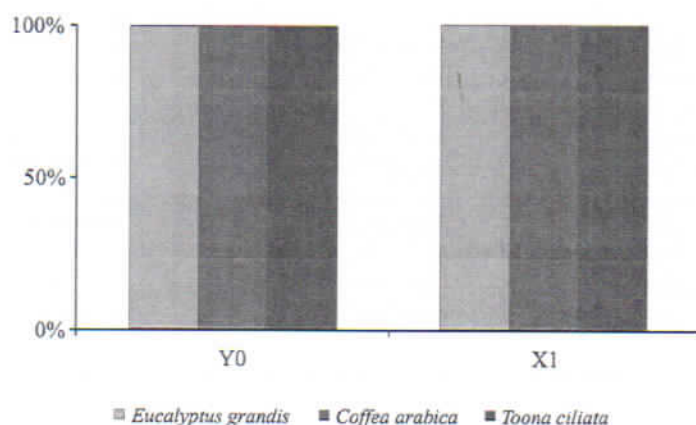


Figura 6 – Porcentagem de amostras nas classes de destacamento na intersecção e ao longo das incisões, em que Y_0 = nenhum destacamento na intersecção; X_1 = destacamento até 1 mm ao longo das incisões.

Figure 6 – Percentage of samples in classes of detachment at the intersection and along the incisions. Y_0 = No detachment at the intersection; X_1 = Detachment up to 1 mm along the incisions.

Tabela 2 – Comparação múltipla das médias para os valores médios de dureza.

Table 2 – Multiple comparison of means for the average values of hardness.

Espécie	Verniz	Média das durezas (g)
<i>Toona ciliata</i>	Nitrocelulósico	230 a
<i>Coffea arabica</i>	Nitrocelulósico	240 a
<i>Eucalyptus grandis</i>	Nitrocelulósico	298 b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

De acordo com Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai (1995), os valores médios de poder de brilho encontrados para o verniz nitrocelulósico são classificados como semibrilho (30%-60% de brilho).

Observou-se que o verniz nitrocelulósico apresentou brilho semelhante quando aplicado sobre as madeiras de *Toona ciliata*, *Coffea arabica* e *Eucalyptus grandis*.

3.4 Abrasividade

Na Tabela 4 observa-se a comparação múltipla entre os valores médios de abrasividade entre as espécies, quando aplicado o verniz nitrocelulósico, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Observou-se que não houve diferença estatística para a resistência à abrasão entre as madeiras submetidas ao acabamento nitrocelulósico.

Martins (2008), avaliando a abrasividade da madeira de *Eucalyptus microcorys* e *Eucalyptus maculata*, verificou que as depressões médias dessas madeiras foram de 0,070 e 0,075 mm, respectivamente. Essas depressões foram superiores à encontrada para a madeira de *Eucalyptus grandis* submetida ao acabamento nitrocelulósico que foi de 0,054 mm. Dessa forma, pode-se atribuir ao verniz nitrocelulósico o ganho de resistência à abrasão.

3.5 Espessuras da camada seca

Para obter um acabamento resistente à água ou que apresente características eficientes para proteger a madeira ao inchamento pela absorção de umidade da atmosfera, o filme de verniz deve possuir espessura entre 50-75 micrômetros, no mínimo (WATAI, 1995). De acordo com os valores encontrados na Tabela 5, o verniz

Tabela 3 – Comparação múltipla das médias para os valores médios de brilho.

Table 3 – Multiple comparison of means for the average values of brightness.

Espécie	Verniz	Média dos brilhos (%)
<i>Coffea arabica</i>	Nitrocelulósico	33,7 a
<i>Eucalyptus grandis</i>	Nitrocelulósico	35,6 a
<i>Toona ciliata</i>	Nitrocelulósico	36,1 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 4 – Comparação múltipla das médias para os valores médios das depressões causadas pela abrasividade.

Table 4 – Multiple comparison of means for the average values of depression caused by abrasiveness.

Espécie	Verniz	Média das depressões (mm)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Nitrocelulósico	0,054840 a
<i>Toona ciliata</i>	Nitrocelulósico	0,060280 a
<i>Coffea arabica</i>	Nitrocelulósico	0,068640 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 5 – Comparação múltipla das médias para os valores médios de espessura da camada seca.

Table 5 – Multiple comparison of means for the average thickness of the dry layer.

Espécie	Verniz	Média ECS* (µm)
<i>Coffea arabica</i>	Nitrocelulósico	55,37 a
<i>Eucalyptus grandis</i>	Nitrocelulósico	60,51 b
<i>Toona ciliata</i>	Nitrocelulósico	65,80 b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott. * ECS – Espessura da camada seca

nitrocelulósico apresentou espessuras dentro da faixa acima citada.

Observou-se que o verniz aplicado sobre a madeira de *Coffea arabica* apresentou menor espessura da camada seca, quando comparado com as outras madeiras analisadas.

4 CONCLUSÕES

O verniz nitrocelulósico apresentou bom desempenho em relação à aderência, não ocorrendo destacamento do verniz na intersecção e destacamento menor que 1 mm ao longo das incisões.

O verniz nitrocelulósico aplicado sobre a madeira de *Eucalyptus grandis* apresentou maior valor de dureza, quando comparado com as demais madeiras analisadas.

Os valores encontrados para espessura da camada seca estão dentro da faixa de espessura citada na literatura para se obter um bom acabamento.

O verniz nitrocelulósico aplicado sobre a madeira de *Coffea arabica* apresentou menor valor de espessura da camada seca, quando comparado com as outras madeiras analisadas.

Os ensaios de abrasividade e brilho não apresentaram diferença estatística entre as madeiras envernizadas.

O verniz nitrocelulósico foi classificado como semibrilho (30% a 60%).

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsas e financiamento do projeto, e à empresa SAYERLACK pela concessão de materiais.

6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11003**: tintas - determinação da aderência. Rio de Janeiro, 1990. 7p.
- BONDUELLE, A.; CRUZ, C. R. da; SILVA, J. R. M. **Processo mecânico da madeira**. Curitiba: UFPR, 2002. 26p. (Notas de aula).
- DEFELSKO. **Instruction manual PosiTector 200**: ultrasonic coating thickness gage. Ogdensburg, 2006. 19 p.
- MARTINS, M. **Ensaio de simulação de uso em pisos de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell. e *Corymbia maculata* Hook.** 2008. 48p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Acabador de móveis**. Ubá: CFP/JAGS, 1995. 29p.
- WATAI, L. T. **Tecnologia básica em acabamento de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 103 p.