



ARTIGO ORIGINAL

## A ação do intemperismo interfere no acabamento superficial e na coloração da madeira de espécies florestais

### *The action of weathering influences on the wood surface finish and color of the wood forest species*

José Henrique Camargo Pace<sup>1</sup>  
Alexandre Monteiro de Carvalho<sup>1</sup>  
Alexandre Miguel do Nascimento<sup>1</sup>  
João Vicente Figueiredo Latorraca<sup>1</sup>  
Ananias Francisco Dias Júnior<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Rodovia BR 465, Km 07, s/n, Zona Rural, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Governador Lindember, 316, Centro, Jerônimo Monteiro, ES, 29550-000, Brasil.

\*Autor Correspondente:

E-mail: [ananiasjr@usp.br](mailto:ananiasjr@usp.br)

#### PALAVRAS-CHAVE

Ensaio de aderência  
Trabalhabilidade e usinagem da madeira  
Revestimentos sintéticos

#### KEYWORDS

Adhesion tests  
Wood machining  
Synthetic varnish

**RESUMO:** Este estudo avaliou o efeito de diferentes acabamentos superficiais sobre a aderência de revestimentos e a variação da coloração em madeiras de *Corymbia citriodora* e *Khaya ivorensis* anteriormente e após a exposição ao envelhecimento acelerado. Os tratamentos consistiram de amostras aplainadas (T1), amostras lixadas com grã 80 (T2), grã 120 (T3), grã 180 (T4) e grã 220 (T5) e, em seguida envernizadas. As condições de intemperismo foram aplicadas por meio de uma câmara de envelhecimento acelerado, com controle de raios ultravioleta, umidade e temperatura, simulando condições adversas ambientais. Para a análise colorimétrica, foi utilizado um espectrofotômetro do sistema da Commission Internationale de l'Éclairage (CIELab). As madeiras de ambas as espécies apresentaram resultados satisfatórios para a aderência ao verniz poliuretano antes e após o ensaio de envelhecimento, tendo a *Khaya ivorensis* o melhor resultado (1,00). Foi possível observar que as madeiras analisadas apresentaram pouca porcentagem de película de verniz destacado. A coloração natural da não foi alterada pelo uso de lixas com diferentes granulometrias. O processo de intemperismo acelerado provocou alterações significativas nas madeiras das espécies estudadas, sendo suas cores classificadas como muito apreciáveis.

**ABSTRACT:** *The objective of this study was to evaluate the effect of different surface finishes on the adhesion of varnish-based coatings and the color variation on wood of Corymbia citriodora and Khaya ivorensis, before and after exposure to accelerated weathering. The treatments consisted of machining samples (T1), samples were sanded with 80 grit (T2), 120 grit (T3), 180 grit (T4), and 220 grit (T5) and then varnished. The weathering conditions were applied in an accelerated aging chamber with ultraviolet radiation, humidity and temperature control, simulating adverse environmental conditions. For the colorimetric analysis, a CIELab system spectrophotometer was used. The wood of both species presented satisfactory results for the adhesion to the polyurethane varnish before and after the weathering test, with Khaya ivorensis showing the best result (1.00). We observed that the wood of the analyzed species showed small percentage of detached varnish film. The natural coloration of the wood was not altered by the use of sandpaper with different particle sizes. The process of accelerated weathering caused significant changes in the woods of the studied species, being the wood color classified as very appreciable.*

Recebido: 24 ago. 2016

Aceito: 30 abr. 2018

## 1 Introdução

A madeira constitui um dos materiais naturais mais utilizados no mundo, em função de suas características de resistência, durabilidade, trabalhabilidade, composição química e, principalmente, pela facilidade de obtenção de produtos. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, o setor brasileiro é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais (Indústria Brasileira de Árvores, 2017). Na indústria moveleira, as madeiras provenientes de reflorestamento revelam-se promissoras e o futuro reside em seu uso crescente, uma vez que a antiga vantagem comparativa representada pelo uso da madeira de florestas nativas torna-se cada vez mais ineficiente (Carvalho et al., 2010a).

Nesse sentido, a madeira de *Corymbia citriodora* é muito utilizada em construções civis, postes e dormentes. Com tantas utilidades apresentadas pela espécie, ela ainda se enquadra em outras finalidades de maior valor agregado, como na indústria moveleira e na obtenção de óleos essenciais, por exemplo (Vitti & Brito, 2003; Dias Júnior et al., 2013; Hashemi et al., 2018). Outra espécie que tem despertado atenção é a *Khaya ivorensis* (mogno africano), podendo ser uma alternativa para a substituição do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) no mercado nacional e internacional. Seu comércio é considerado extraordinário devido às características tecnológicas e à beleza de sua madeira. É utilizada na indústria moveleira, na construção naval e em sofisticadas concepções de interiores. O mercado europeu é seu principal consumidor (Carvalho et al., 2010b; Ribeiro et al., 2017).

É importante ressaltar que, além da agregação de valor, os acabamentos superficiais proporcionam melhoria estética da madeira usinada e maior durabilidade dos produtos madeireiros. Os principais produtos utilizados para esse fim são os adesivos seladores naturais ou sintéticos (Avelino, 2012; Dias Júnior et al., 2015). Ao se considerar a utilização da madeira para móveis e casas, é muito importante levar em conta a aparência externa (Mazet & Janin, 1990; Janin et al., 2001). Outro fato está na aplicação de produtos de acabamento como vernizes, *stains* e tintas, que constituem uma das formas de prevenir a fotodegradação ao fornecer proteção quanto à alteração do aspecto natural da madeira.

Procedimentos de usinagem como os aplainamentos e lixamentos podem interferir nas irregularidades da superfície (rugosidade), e conseqüentemente, nos aspectos derivados da aplicação de revestimentos, como cor e impermeabilização (Janin et al., 2001; Lopes et al., 2014). O tipo de acabamento e o processo definido para seu uso tem sido complementar com o intuito de destacar a qualidade do produto final, pois os fatores que influenciam o acabamento estão relacionados com a superfície ancoradura, as condições ambientais da aplicação e o próprio método de aplicação (Souza et al., 2009).

Outra característica importante em acabamentos superficiais está relacionada à sua cor, sendo um quesito primordial antes da escolha de qualquer tipo de comercialização ou utilização destinada à madeira. Ela exposta à luz absorve intensamente a radiação solar e sofre degradação fotoquímica por causa da ação dos raios ultravioletas comprometendo

seu aspecto geral, dependendo da influência da composição química, particularmente, os extrativos. Além disso, após as alterações da cor, é possível a ocorrência da perda das suas propriedades, como diminuição da densidade e da resistência mecânica (Chang et al., 1982; Ayadi et al., 2003; Gonzalez et al., 2010; Santos et al., 2016).

De acordo com Souza et al. (2009), quando se utiliza a madeira em ambientes externos, a mesma deve atender a exigências mínimas de qualidade em função do uso, pois estará susceptível a fatores que podem ocasionar perdas nas propriedades físicas, mecânica e estética do material. Segundo Hon (2001), o intemperismo é uma combinação complexa da ação solar, da chuva ou umidade e dos ventos que ocorrem até 2,5 mm abaixo da superfície externa da madeira. Desses fatores, o processo de decomposição em conseqüência da radiação ultravioleta (UV) presente na luz solar é o mais prejudicial, pois inicia modificações químicas dos principais polímeros que a constituem, como o caso da celulose, hemiceluloses e da lignina.

As condições ambientais e de intemperismo têm sido simuladas por meio de testes que utilizam câmaras de ensaio de envelhecimento acelerado trabalhando com o controle da atmosfera, monitorando a exposição aos raios UV – por meio de reatores fotoquímicos, lâmpadas de luz ultravioleta –, umidade e temperatura mediante ciclos de exposições (Gonzalez et al., 2010). Diante do exposto, teve-se como hipótese que a qualidade da superfície usinada influencia na aderência de revestimentos aplicados à madeira, modificando aspectos como a coloração final. Supõe-se, ainda, que essas características possam ser modificadas com o passar do tempo em função das condições climáticas a ela exposta.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes acabamentos superficiais sobre a aderência de revestimentos (verniz poliuretano) e a variação da coloração das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Khaya ivorensis* submetidas ao processo de envelhecimento acelerado.

## 2 Material e Métodos

As madeiras das espécies avaliadas foram provenientes de plantios localizados no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, Rio de Janeiro. No momento do abate, a espécie *Khaya ivorensis* (mogno africano) possuía idade aproximada de 30 anos e a espécie *Corymbia citriodora*, em torno de 45 anos. As toras foram seccionadas com 1,5 m de comprimento entre a base e o diâmetro à altura do peito (DAP), por possuírem maiores dimensões e proporcionarem um melhor desdobro de tábuas.

Para os ensaios, os corpos-de-prova foram confeccionados com dimensões de 150 × 75 × 10 mm (comprimento × largura × espessura), seguindo as descrições da norma *American Society for Testing and Materials G154* (American Society for Testing and Materials, 2006). Para avaliar a qualidade do acabamento superficial da madeira foram estabelecidos os tratamentos descritos na Tabela 1.

Em seguida, a etapa de lixamento foi realizada de maneira em que cada amostra, exceto as pertencentes ao tratamento T1 (aquelas aplainadas e com aplicação de verniz poliuretano – PU), foram preparadas em uma lixadeira de cinta estacionária,

sendo trabalhadas ambas as faces tangenciais, com o intuito de eliminar as imperfeições superficiais. Após esse processo, as amostras foram armazenadas em saco plástico escuro de cor preta fora do alcance de luz, para evitar qualquer processo de fotodegradação.

**Tabela 1.** Tratamento analisados.

**Table 1.** Treatments analyzed.

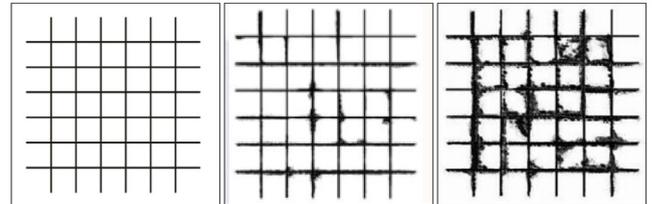
Tratamento	Usinagem	Acabamento
T1	Aplainamento	
T2	Lixamento com lixa grã 80	
T3	Lixamento com lixa grã 120	Aplicação de verniz a base de poliuretano (PU)
T4	Lixamento com lixa grã 180	
T5	Lixamento com lixa grã 220	

A aplicação do verniz PU foi feita seguindo as recomendações do fabricante, com o auxílio de uma pistola automática de alta pressão com bico de 1,4 mm. Foi aplicada uma demão de verniz PU em todas as peças, a fim de impermeabilizar as superfícies. A segunda demão do PU foi feita com sua diluição em *Aguarrás* (20%), após um período de 24 horas para secagem da primeira aplicação.

Parte das amostras foi testada quanto à aderência seguindo as descrições da norma Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 11.003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009). Os testes seguiram o método da grade, por meio de um dispositivo de corte com seis gumes separados por 2 mm de distância entre eles. Foi feito um risco em forma de grade, criando uma área de análise, e, em seguida, avaliou-se o destacamento da película na interseção das incisões cruzadas (Figura 1). A aderência foi avaliada pelo destacamento de uma fita de polipropileno de 25 mm de largura sobre a área estabelecida. Avaliaram-se as peças envernizadas antes e após o processo de envelhecimento conforme apresenta a Tabela 2.

A simulação de intemperismo acelerado foi realizada em uma câmara climática modelo Bass/UUV/MP/Spray tipo *Weatherometer* (Figura 2). O equipamento comporta 52 corpos

de prova; contém painel de comando capaz de controlar ciclos, horas de ensaio e de funcionamento das lâmpadas. Possui oito lâmpadas ultravioleta A (UVA), sendo quatro de cada lado do equipamento, de 340 nm cada, para simulação da radiação ultravioleta, além de quatorze bicos de saída de água em *spray*, sendo sete de cada lado do equipamento, para simulação de chuva. Inclui também pontos de saída de vapor de água para efeito de condensação, com umidade relativa de 100%. Os ensaios procederam-se seguindo a norma ASTM G 154 (2006).



**Figura 1.** Ensaio de aderência método em grade. Fonte: NBR 11.003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

**Figure 1.** Grid adhesion test method. Source: NBR 11.003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

**Tabela 2.** Notas para a área do revestimento destacada.

**Table 2.** Notes to the area of coating removal.

Nota	Aderência
1	Nenhuma área da película destacada
2	Área da película destacada $\leq 5\%$
3	Área da película destacada $\leq 15\%$
4	Área da película destacada $\leq 35\%$
5	Área da película destacada $\geq 65\%$

Foi determinada uma programação dividida nas etapas: a) 4,45 h de condensação do ambiente interno com temperatura de 50°C; b) 4 h de exposição aos raios ultravioletas com temperatura de 60°C; e c) 0,15 h de spray sem nenhum controle de temperatura. A exposição total se deu com a repetição de 11 vezes desse ciclo, totalizando 88 horas na câmara de envelhecimento.



**Figura 2.** Câmara de envelhecimento acelerado (A), acomodação dos corpos-de-prova no equipamento (B e C) e área de exposição ao ambiente controlado (D).

**Figure 2.** Accelerated aging chamber (A), accommodation of the samples in the equipment (B and C), and area of exposure to controlled environment (D).

Para as mensurações dos parâmetros colorimétricos foi utilizado um espectrofotômetro portátil CM 2600d, da marca Konica Minolta. O iluminante empregado foi o da luz difusa (D65), com ângulo de observação de 10°, fixado pelo aparelho, mediante o contato com a peça e também luz especular no padrão descrito pela Commission Internationale de l'Éclairage (CIE Lab). A mensuração da cor foi feita em três pontos fixos (três medidas por amostra), marcados a 25%, 50% e 75% ao longo do comprimento total da peça.

A medição da coloração se deu em etapas, sendo estas: a) análise da cor após a aplicação do revestimento (verniz a base de poliuretano) e b) análise da cor após as peças envernizadas serem submetidas a condições de envelhecimento acelerado. Os valores de  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  representam a variação de cor das amostras (envernizada-envelhecida) calculados com auxílio das equações 1, 2 e 3.

$$\Delta L^* v = [L_1^* - L_2^*] \quad (1)$$

$$\Delta a^* v = [a_1^* - a_2^*] \quad (2)$$

$$\Delta b^* v = [b_1^* - b_2^*] \quad (3)$$

Em que:  $\Delta L^* v$  = variação da variável luminosidade ( $L^*$ ) após a aplicação do verniz, sendo  $L_1^*$  a luminosidade da madeira envernizada e  $L_2^*$  a luminosidade da madeira “envelhecida”;  $\Delta a^* v$  = variação da variável cromática ( $a^*$ ), sendo  $a_1^*$  valor do  $a^*$  na madeira envernizada e  $a_2^*$  valor de  $a^*$  na “envelhecida”;  $\Delta b^* v$  = variação da variável cromática ( $b^*$ ), sendo  $b_1^*$  valor do  $b^*$  na madeira envernizada e  $b_2^*$  valor de  $b^*$  na “envelhecida”.

Assim, a variação da cor obtida após a aplicação do verniz foi calculada da mesma forma que a variação após o ensaio de envelhecimento acelerado com o auxílio das equações 4 e 5 (Gonzalez et al., 2010; Chen et al., 2012).

$$\Delta Ev_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^* - \text{verniz})^2 + (\Delta a^* - \text{verniz})^2 + (\Delta b^* - \text{verniz})^2} \quad (4)$$

$$\Delta Ev_{ab}^* - \text{inter} = \sqrt{(\Delta Lv^* - \text{inter})^2 + (\Delta av^* - \text{inter})^2 + (\Delta bv^* - \text{inter})^2} \quad (5)$$

Em que:  $\Delta Ev_{ab}^*$  = variação total da cor da madeira após a aplicação do verniz e  $\Delta L^* - \text{verniz}$ ,  $\Delta a^* - \text{verniz}$ ,  $\Delta b^* - \text{verniz}$ , as variáveis individuais para cada coordenada ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ );  $\Delta Ev_{ab}^* - \text{inter}$  = variação da cor após o ensaio de envelhecimento e a variação das variáveis individuais ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) sendo  $\Delta L^* - \text{inter}$ ,  $\Delta av^* - \text{inter}$ ,  $\Delta bv^* - \text{inter}$ , respectivamente.

Ao final das mensurações colorimétricas, foi feita uma classificação observando as descrições de Prates (2008) com base na variação total da cor, como mostra a Tabela 3.

Os dados obtidos tiveram a normalidade avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Em seguida, verificou-se a homocedasticidade das variâncias. Feito isso, realizou-se a análise de variância (ANAVA), em um delineamento inteiramente aleatorizado (DIA) com cinco tratamentos (usinagem/acabamento) e dez repetições para cada variável estudada. Para a comparação múltipla das médias, aplicou-se o teste de Tukey.

**Tabela 3.** Classificação da variação da cor de madeiras.

**Table 3.** Classification of wood color variation.

Variação da cor ( $\Delta E$ )	Classificação
0,0 – 0,5	Desprezível
0,5 – 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 – 3,0	Notável
3,0 – 6,0	Apreciável
6,0 – 12,0	Muito apreciável

Fonte: Prates (2008).

A aderência do verniz, por ser tratar de uma avaliação qualitativa, foi analisada por meio do teste não paramétrico Kruskal Wallis. Quando o exame se mostrou significativo, foi aplicado o teste de Dunn para comparação múltipla dos valores médios. Todas as análises foram conduzidas com o auxílio do *software* SAS® (Statistical Analysis System) a 95% de probabilidade.

### 3 Resultados e Discussão

De acordo com a Tabela 4, observa-se que os valores médios para a madeira de *Corymbia citriodora* para os tratamentos analisados anteriormente ao ensaio de envelhecimento variaram de 1,00 (T5) a 1,50 (T3).

**Tabela 4.** Média dos testes de aderência ao verniz antes e após o ensaio de envelhecimento acelerado.

**Table 4.** Average of varnish adherence tests before and after the accelerated aging test.

Espécie	Tratamento	Anterior ao envelhecimento	Após o envelhecimento
<i>Corymbia citriodora</i>	T1	1,25 <sub>(34,5)</sub>	1,25 <sub>(44,5)</sub>
	T2	1,25 <sub>(34,5)</sub>	1,25 <sub>(54,5)</sub>
	T3	1,50 <sub>(34,5)</sub>	1,25 <sub>(44,5)</sub>
	T4	1,25 <sub>(34,5)</sub>	1,25 <sub>(34,5)</sub>
	T5	1,00 <sub>(44,5)</sub>	1,25 <sub>(54,5)</sub>
Média		1,25*	1,25*
<i>Khaya ivorensis</i>	T1	1,00 <sub>(34,5)</sub>	1,00 <sub>(44,5)</sub>
	T2	1,00 <sub>(44,5)</sub>	1,00 <sub>(34,5)</sub>
	T3	1,00 <sub>(34,5)</sub>	1,50 <sub>(34,5)</sub>
	T4	1,00 <sub>(54,5)</sub>	1,25 <sub>(34,5)</sub>
	T5	1,00 <sub>(34,5)</sub>	1,00 <sub>(34,5)</sub>
Média		1,00*	1,15**

Valores dentro dos parênteses referem-se as médias dos postos ranqueados pelo teste de Kruskal-Wallis. Números iguais de asteriscos não indicam diferenças entre médias pelo teste de Dunn a 95% de probabilidade.

Após o processo de intemperismo acelerado, a média geral foi de 1,25 para todos os tratamentos analisados. O resultado do teste de Dunn demonstra ainda que, para a madeira dessa espécie, os valores não se mostraram significativamente diferentes, ou seja, o processo de envelhecimento acelerado não interferiu na aderência ao verniz nas amostras preparadas com diferentes grãos de lixas. Analisando esses resultados, com base na Tabela 2, o teste de aderência informou que as amostras tiveram pouca porcentagem de película retirada (5 a 18%) nos tratamentos propostos. Uma explicação para tais resultados pode estar relacionada ao fato de que o acabamento realizado (aplainamento e lixamento) conferiu, ao final, superfícies muito parecidas em termos de rugosidade, por meio do qual o recebimento do verniz foi satisfatório para a espécie *Corymbia citriodora*.

De forma numérica absoluta, as médias para a madeira de *Khaya ivorensis* (1,00) foram sensivelmente melhores do que para *Corymbia citriodora* (1,25), obtendo excelentes notas para todos os tratamentos antes da realização do ensaio de envelhecimento. Todavia, após o intemperismo aplicado pelo ensaio de envelhecimento, as amostras pertencentes ao tratamento T3 (preparadas com lixa de grã 120) apresentaram resultado inferior comparado aos demais. É possível que tal fato esteja relacionado à grã dessa lixa proporcionar maior irregularidade e entupimento dos vasos em relação às demais. Nota-se que as médias voltam a decair para os tratamentos seguintes, sendo observado média de 1,25 para o tratamento T4 (lixamento com grã 180) e 1,00 para o tratamento T5 (lixamento com grã 220). Tais valores, de acordo com a Tabela 2, são os mais recomendados em função da pouca porcentagem de revestimento que é destacado das amostras de madeira.

Souza et al. (2009) e Avelino (2012) obtiveram notas 1,00 para a aderência ao verniz brilhante nas espécies *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla* e teca (*Tectona grandis*) nos testes de aderência tipo corte em grade. É importante salientar que os processos que ocasionam sucessivas irregularidades nas superfícies da madeira (aplainamento e lixamento), possibilitam o comprometimento do acabamento final da matéria prima utilizada. Assim, quando o intuito é a produção de superfícies visando usos mais nobres, tais procedimentos devem ser cuidadosamente observados (Dias Júnior et al., 2015).

Analisando os resultados da variação da coloração da madeira de *Corymbia citriodora* (após a aplicação do verniz) na Tabela 5, observa-se que os valores variaram de 6,25 (T2) a 7,59 (T3), sendo não significativos pela probabilidade adotada ( $p \leq 0,05$ ).

No entanto, observa-se que a variação observada das amostras envernizadas para as envernizadas e “envelhecidas” foi maior para os tratamentos T1 = 14,56 (amostras aplainadas) e T2 = 11,21 (amostras lixadas com grã 80) e iguais para os demais tratamentos (T3, T4 e T5). De forma geral, comparando os resultados entre as duas variações (*in natura* → envernizadas; envernizadas → “envelhecidas”), observam-se diferenças estatísticas apenas entre os tratamentos T1 e T2. É possível que apenas o acabamento utilizando-se de uma lixa de menor grã proporcione maior efeito sobre as fibras da madeira e sobre os seus vasos (preenchimento por pó da serragem e adesivos), o que permitiu que a partir de

então (lixa de grã 80), não fosse mais possível a alteração da superfície anteriormente obtida.

Em referência à variação da coloração da madeira de *Khaya ivorensis*, após o processo de intemperismo acelerado, nota-se os maiores valores médios para o tratamento T2 (15,54), seguido pelo tratamento T1 (13,72) e os demais tratamentos apresentam-se significativamente iguais. Os resultados para a variação da cor da madeira envernizada submetida ao processo de envelhecimento seguiram comportamento semelhante ao anterior: um grupo formado pelos tratamentos T1 e T3 (maiores médias) e outro formado pelos demais tratamentos (T2, T4 e T5).

**Tabela 5.** Variação da cor da madeira antes e após o ensaio de envelhecimento acelerado.

**Table 5.** Variation of the wood color before and after the accelerated aging test.

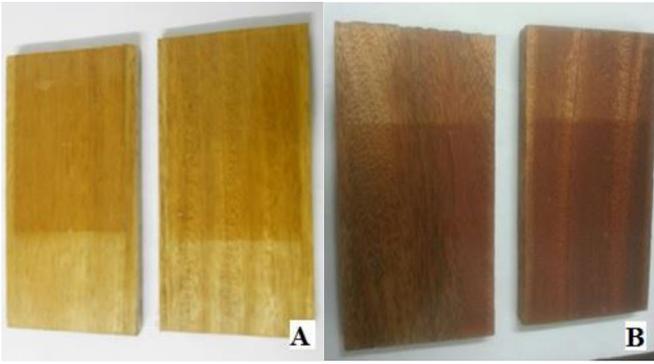
Tratamento	<i>Corymbia citriodora</i>		<i>Khaya ivorensis</i>	
	$\Delta v^*_{ab}$	$\Delta v^*_{ab-inter}$	$\Delta v^*_{ab}$	$\Delta v^*_{ab-inter}$
T1	6,66 <sup>nsA</sup> <sub>(1,86)</sub>	14,56 <sup>ab</sup> <sub>(2,61)</sub>	13,72 <sup>ba</sup> <sub>(2,58)</sub>	9,44 <sup>abB</sup> <sub>(2,12)</sub>
T2	6,25 <sup>nsA</sup> <sub>(1,71)</sub>	11,21 <sup>ab</sup> <sub>(2,32)</sub>	15,54 <sup>aA</sup> <sub>(2,68)</sub>	7,24 <sup>bb</sup> <sub>(1,91)</sub>
T3	7,59 <sup>nsA</sup> <sub>(2,00)</sub>	7,76 <sup>ba</sup> <sub>(2,00)</sub>	10,40 <sup>ca</sup> <sub>(2,26)</sub>	10,21 <sup>aA</sup> <sub>(2,13)</sub>
T4	7,71 <sup>nsA</sup> <sub>(2,02)</sub>	8,69 <sup>ba</sup> <sub>(2,11)</sub>	9,39 <sup>ca</sup> <sub>(2,22)</sub>	8,26 <sup>ba</sup> <sub>(1,98)</sub>
T5	7,12 <sup>nsA</sup> <sub>(1,91)</sub>	7,98 <sup>ba</sup> <sub>(2,05)</sub>	10,72 <sup>ca</sup> <sub>(2,27)</sub>	9,24 <sup>ba</sup> <sub>(2,16)</sub>
Média	7,06	10,04	11,95	8,87

Em que:  $\Delta v^*_{ab}$  = indica a variação entre a madeira *in natura* e madeira envernizada;  $\Delta v^*_{ab-inter}$  = indica variação entre a madeira envernizada e madeira envernizada envelhecida. Letras minúsculas comparam os tratamentos entre colunas e letras maiúsculas comparam tratamentos entre linhas, considerando a mesma espécie. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados sobre a ótica dos parâmetros apresentados na Tabela 3 classificam as madeiras das espécies estudadas quanto à variação da cor como muito apreciáveis. Ele tem a relevância concentrada no fato de que as madeiras, mesmo que envelhecidas, apresentaram bons resultados para essa variável. Resumidamente, o verniz conferiu proteção, durabilidade e estética às madeiras.

Os revestimentos sintéticos funcionam como uma barreira, atrelados ao fato de que o procedimento de lixamento produz um pó fino que penetra nos lumes e vasos da madeira, colaborando com a resistência à fotodegradação. Na Figura 3, observa-se variação das tonalidades antes e após o ensaio de envelhecimento acelerado.

Dessa forma, quanto maior for a exposição da madeira sob condições adversas de temperatura e umidade, possivelmente maiores serão as suas alterações. A mudança da coloração da madeira é resultado da quantidade de extrativos presentes na parede celular, que faz com que ela, quando exposta à luz, ao ar e/ou ao calor ao longo do tempo, sofra escurecimento ou clareamento (Chen et al., 2012; Cademartori et al., 2014; Conte et al., 2014).



**Figura 3.** Amostras de madeira após o ensaio de envelhecimento acelerado (parte escura), *Corymbia citriodora* (A) e *Khaya ivorensis* (B).

**Figure 3.** Wood samples after the accelerated aging test (dark part), *Corymbia citriodora* (A) and *Khaya ivorensis* (B).

## 4 Conclusões

O teste de aderência indicou que as madeiras das espécies estudadas apresentaram pouca porcentagem de película destacada para o verniz poliuretano (PU).

A coloração natural da madeira não foi alterada pelo uso de lixas com diferentes granulometrias e a variação da cor das madeiras foi classificada como muito apreciável.

O processo de intemperismo acelerado provocou alterações significativas nas madeiras das espécies estudadas, todavia, recomenda-se estudos posteriores para verificação de possíveis comprometimentos das suas propriedades físicas e mecânicas.

## Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM G154*: standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials. Philadelphia: ASTM, 2006. 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 11003*: tintas: determinação de aderência. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 9 p.
- AVELINO, E. F. *Avaliação da madeira de teca jovem (Tectona grandis L.f.vem) visando uso em movelaria*. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.
- AYADI, N.; LEJEUNE, F.; CHARRIER, F.; CHARRIER, B.; MERLIN, A. Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. *Holz als Roh- und Werkstoff*, v. 61, n. 3, p. 221-226, 2003. doi: 10.1007/s00107-003-0389-2.
- CADEMARTORI, P. H. G.; MATTOS, B. D.; MISSIO, A. L.; GATTO, D. A. Colour responses of two fast-growing hardwoods to two-step steam-heat treatments. *Materials Research*, v. 17, n. 2, p. 487-493, 2014. doi: 10.1590/S1516-14392014005000031.
- CARVALHO, A. M.; GONÇALVES, M. P. M.; AMPARADO, K. F.; LATORRACA, J. V. F.; GARCIA, R. A. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia Citriodora* e *Eucalyptus Urophylla*. *Árvore*, v. 34, n. 2, p. 323-331, 2010a. doi: 10.1590/S0100-7622010000200015.
- CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). *Cerne*, v. 16, p. 106-114, 2010b. Suplemento.
- CHANG, S.-T.; HON, D. N.-S.; FEIST, W. C. Photodegradation and photoprotection of wood surfaces. *Wood and Fiber Science*, v. 14, n. 2, p. 104-107, 1982.
- CHEN, Y.; FAN, Y.; GAO, J.; STARK, N. M. The effect of heat treatment on the chemical and color change of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood flour. *BioResources*, v. 7, n. 1, p. 1157-1170, 2012.
- CONTE, B.; MISSIO, A. L.; PERTUZZATTI, A.; CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A. Propriedades físicas e colorimétricas da madeira termorretificada de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 104, p. 555-563, 2014. doi: 10.12953/2177-6830/rcm.v7n1p7-15.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. *Ciência da Madeira*, v. 4, n. 1, p. 93-107, 2013. doi: 10.12953/2177-6830.v04n01a08.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; LANA, A. Q.; SANTOS, P. V.; CARVALHO, A. M.; SOUZA, N. D.; BRITO, J. O. Propriedades físicas e acabamento superficial da madeira de eucalipto termicamente tratada. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 58, n. 3, p. 270-276, 2015. doi: 10.4322/rca.2010.
- GONÇALEZ, J. C.; FÉLIX, T. L. F.; GOUVEIA, F. N.; CAMARGOS, J. A. A.; RIBEIRO, P. G. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamentos. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 4, p. 657-664, 2010. doi: 10.5902/198050982424.
- HASHEMI, S. M. B.; KHANEGHAH, A. M.; KOUBAA, M.; BARBA, F. J.; ABEDI, L.; NIAKOUSARI, M.; TAVAKOLI, J. Extraction of essential oil from *Aloysia citriodora* Palau leaves using continuous and pulsed ultrasound: kinetics, antioxidant activity and antimicrobial properties. *Process Biochemistry*, v. 65, p. 197-204, 2018. doi: 10.1016/j.procbio.2017.10.020.
- HON, D. N.-S. Weathering and photochemistry of wood. In: HON, D. N.-S.; SHIRAIISHI, N. (Ed.). *Wood and cellulosic chemistry*. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2001. p. 513-546.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. *Relatório anual 2017*. Brasília, DF: IBÁ, 2017. 80 p.
- JANIN, G.; GONÇALEZ, J.; ANANÍAS, R.; CHARRIER, B.; SILVA, G. F.; DILEM, A. Aesthetics appreciation of wood colour and patterns by colorimetry: part 1: colorimetry theory for the Cielab system. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, v. 3, n. 1-2, p. 3-13, 2001. doi: 10.4067/S0718-221x2001000100001.
- LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S. Avaliação da rugosidade superficial da madeira de *Eucalyptus* sp. submetida ao fresamento periférico. *Cerne*, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2014. doi: 10.1590/0104776020142003875.
- MAZET, J. F.; JANIN, G. La qualité de l'aspect de placages de chênes: mesures de couleur et critères d'appréciation des professionnels français et italiens. *Ann Sci For*. v. 47, n. 3, p. 255-268, 1990. doi: 10.1051/forest:19900306.
- PRATES, M. B. E. Fotodegradação do bambu (*Dendrocalamus giganteus* Munro) após aplicação de radiação ultravioleta artificial.

2008. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Nacional de Brasília, Brasília, DF, 2008.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. *Floresta e Ambiente*, v. 24, p. e00076814, 2017. doi: 10.1590/2179-8087.076814.

SANTOS, P. V.; SILVA, M. A.; DIAS JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, A. M.; NASCIMENTO, A. M. Qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson submetida

ao processo de termorretificação. *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 110, p. 343-350, 2016. doi: 10.18671/scifor.v44n110.07.

SOUZA, M. O.; SILVA, J. C.; DELLA LUCIA, R. M.; EVANGELISTA, W. V. Avaliação da madeira de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus Urophylla* St Blake em ensaios de usinagem visando à produção moveleira. *Árvore*, v. 33, n. 4, p. 751-758, 2009. doi: 10.1590/S0100-67622009000400018.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Óleo essencial de eucalipto. *Documentos Florestais*, n. 17, p. 1-26, 2003.

---

**Contribuição dos autores:** José Henrique Camargo Pace realizou o experimento, redigiu a escrita científica e analisou estatisticamente os dados. Alexandre Monteiro de Carvalho fez a revisão bibliográfica, gramatical e ortográfica do trabalho. Alexandre Miguel do Nascimento contribuiu com a revisão bibliográfica, análise estatística e revisão gramatical do trabalho. João Vicente Figueiredo Latorraca confeccionou as tabelas, contribuiu com a discussão dos resultados e com o *checklist* do trabalho. Ananias Francisco Dias Júnior contribuiu com a revisão bibliográfica e as discussões dos resultados e redigiu o conteúdo inglês.

**Agradecimentos:** À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fornecimento das bolsas de estudos.

**Fontes de financiamento:** Fundação Carlos Chagas de Apoio à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

**Conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.