Efeito do intemperismo natural e artificial acelerado nas propriedades físicas, mecânicas e colorimétricas de painéis OSB

Effect of natural weathering and accelerated artificial in physical, mechanical and colorimetric OSB panels

Tiago de Lima Pereira¹, Claudilene Luiza de Carvalho¹,
Ney Robson Taironi do Prado², Rafael Farinassi Mendes³,
José Benedito Guimarães Junior³ e Gustavo Henrique Denzin Tonoli⁴

Resumo

Dentre os painéis de madeira reconstituídos, um dos que têm mostrado aplicação mundial crescente são os painéis OSB. Contudo, a madeira quando submetida ao intemperismo sofre danos observados pela variação de cor natural, podendo chegar a comprometer suas propriedades físicas e mecânicas. Assim, este estudo apresenta como objetivo a análise das propriedades colorimétricas de painéis de madeira após a ação do intemperismo natural e artificial, correlacionando seus efeitos sobre as propriedades físicas e mecânicas. O painel utilizado no estudo foi produzido em escala industrial e adquirido pela empresa LP Brasil. O estudo apresentou quatro tratamentos: controle (T1), intemperismo natural (T2) e dois intemperismos artificiais UVA (T3) e UVB (T4). As propriedades de densidade, variação dimensional, módulo de ruptura e alteração de cor foram avaliados antes e após o período de exposição. Os resultados deste estudo comprovam que o efeito do intemperismo natural foi o mais agressivo dentre os analisados, resultando na degradação significativa da superfície, conferida pela elevada variação de cor e redução considerável no módulo de ruptura.

Palavras-chave: painéis particulados. *Pinus*. Agentes climatológicos. propriedades físicas e mecânicas.

Abstract

Among the reconstituted wood panels, one with increasing worldwide application are OSB panels. However, wood, when subjected to weathering, suffers damage observed by the variation of natural color, compromising its physical and mechanical properties. The objective of this study was the analysis of the colorimetric properties of wood panels after the action of natural and artificial weathering, correlating its effects with physical and mechanical properties on the panels. The panel used in this study was manufactured by LP Brazil. 250mm long, 50mm wide and 16mm thick specimens were placed at 20°C and 65% of relative humidity for at least 48h before exposure to weathering. The study comprised four treatments: control (T1), natural weathering (T2) and two artificial weathering methods: UVA (T3) and UVB (T4). Some properties were evaluated after the exposure period such as density, dimensional change, bending strength and color change. The results of this study show that the effect of natural weathering was the most aggressive analyzed from the resulting significant degradation of the surface, given the high color variation, and considerable reduction in modulus of rupture.

Keywords: Particle boards. *Pinus*. Climatological agents. Physical and mechanical properties.

INTRODUÇÃO

Uma das tendências mais evidentes na indústria madeireira é o crescimento da produção dos painéis de madeira reconstituída. Por sua vez, estes podem ser definidos como produtos compostos de lâminas, partículas ou fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídos através de ligação adesiva (IWAKIRI et al., 2005).

¹Doutorando(a) em Engenharia de Biomateriais. UFPA – Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG, Brasil. E-mail: tiagolimap@yahoo.com.br; lenec@yahoo.com.br.

²Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira. UFPA – Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG, Brasil. E-mail: nequimica@yahoo.com.br

³Professor Adjunto no Departamento de Engenharia. UFPA – Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG, Brasil. E-mail: rafael.mendes@deg.ufpa.br; jbguimaraesjr@hotmail.com.

⁴Professor Adjunto no Departamento de Ciências Florestais. UFPA – Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG, Brasil. E-mail: gustavotonoli@dcf.ufpa.br

Dentre os painéis de madeira reconstituídas, os que têm mostrado aplicação mundial crescente são os painéis OSB (MORALES, 2007). Os painéis OSB são aplicados principalmente no mercado da construção civil, devido às suas características físicas e mecânicas, mais elevadas quando comparadas às de outros painéis, que permitem seu uso para fins estruturais. Além disso, painéis OSB podem ser empregados em pisos, forros, tetos, paredes, vigas, formas de concreto, batentes de porta etc. (TOMASELLI, 1998). A produção de painéis particulados à base de madeira encontra-se em contínua evolução tecnológica, portanto estudos dos fatores que possam afetar sua produção e qualidade final são de grande importância (SURDI, 2012).

O intemperismo é o termo geral usado para definir a lenta degradação de materiais quando expostos ao tempo (WILLIAMS, 2005). O mecanismo de degradação depende do tipo de material, mas a causa é uma combinação de fatores encontrados na natureza como umidade, irradiação solar, temperatura, uso de produtos químicos, abrasão e causas biológicas (TELES; COSTA, 2014). Ainda segundo o mesmo autor, a madeira quando submetida ao intemperismo sofre danos que são inicialmente observados pela variação de cor natural, podendo chegar a comprometer suas propriedades físicas e mecânicas.

O processo de deterioração devido à radiação ultravioleta (UV) presente na luz do sol é o mais prejudicial, pois desencadeia as modificações químicas dos principais polímeros que constituem a madeira: a celulose, a lignina e a hemicelulose (FEIST; HON, 1984). A fim de reduzir o custo e a duração dos testes em campo de apodrecimento para a avaliação do intemperismo, testes laboratoriais têm sido desenvolvidos para simular o intemperismo e estimar e comparar a durabilidade natural de várias espécies de madeira bem como seus subprodutos (TELES ; COSTA, 2014).

A degradação superficial dos constituintes da madeira (lignina, celulose e hemicelulose) desencadeado pela irradiação natural ou artificial resulta em alteração de cor da mesma, ou produtos a base desta. A análise das propriedades colorimétricas dos materiais, complementares às análises de propriedades físicas e mecânicas, podem fornecer indicativos úteis para a compreensão do processo de degradação e seus efeitos nos produtos. O sistema CIE (Comissão Internacional de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é o mais utilizado para a quantificação e a medição de cor. Este sistema define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade, a tonalidade e a saturação (CAMARGOS; GONÇALES, 1999). O valor de luminosidade é representado pelo símbolo L^* e varia de branco a preto. A tonalidade é representada por dois pigmentos: a^* , que pode variar de verde a vermelho, e b^* , que pode variar de azul a amarelo (LEÃO et al., 2005).

Embora pesquisas estejam sendo feitas, visando o efeito do intemperismo em produtos a base de madeira, poucas aprofundam a questão da degradação superficial vinculada à degradação de propriedades mecânicas e físicas. Desta forma, este estudo objetiva analisar as propriedades colorimétricas de painéis OSB após exposição ao intemperismo natural e artificial com o intuito de estabelecer uma correlação preliminar do efeito causado as propriedades físicas e mecânicas dos mesmos.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras e obtenção dos dados

O painel utilizado foi fornecido pela empresa LP Brasil, do tipo LP Canteiro, produzido a partir de partículas de madeira de *Pinus* sp desenvolvido para uso exclusivo na construção civil, mais especificamente, barracões de obras. Estes painéis apresentavam dimensões de 15 mm de espessura, 1,22 m de largura e 2,44 m de comprimento.

Para a análise do efeito dos intemperismos foram delimitados quatro tipos de tratamentos (Tabela 1). Os corpos de prova do Tratamento 1 (controle) ficaram acondicionados (temperatura 20°C, umidade relativa 65%) até a realização dos ensaios físicos, mecânicos e colorimétricos. O Tratamento 2 considerou o efeito do intemperismo natural dos corpos de prova expostos por um período de 45 dias. O Tratamento 3 e o Tratamento 4 avaliaram o efeito da irradiação UVA e UVB, respectivamente, após 15 ciclos pré-determinados por norma.

Os corpos de prova foram retirados do painel comercial, com o auxílio de uma serra circular, nas dimensões de 250 x 50 mm. Após os cortes, os mesmos foram acondicionados à temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% por 48 horas antes da exposição ao intemperismo. Para cada tratamento foram utilizados dez corpos de prova para realização do ensaio de flexão estática, sendo sete para flexão paralela e três para flexão perpendicular.

Tabela 1. Delineamento experimental.
Table 1. Experimental design.

Tratamento	Descrição	Período/ciclo	Nº Ciclos	Período
T1	Controle	-	-	-
T2	Intemperismo Natural	-	-	45 d
T3	Intemperismo UVA	12 h	15	180 h
T4	Intemperismo UVB	8 h	15	120 h

Para avaliação do intemperismo natural, os corpos de prova foram expostos em uma área reservada da unidade experimental de painéis de madeira da Universidade Federal de Lavras, UFLA-MG (-21.22579; longitude -44.97800), durante o período de 45 dias sob condições do ambiente natural (Figura 1), orientados no eixo leste-oeste voltados para o norte com um ângulo de inclinação de 45°, seguindo a norma europeia EN 927-3 (EN, 2006), com adaptação relacionada a orientação e inclinação para o hemisfério sul conforme também descrito por Castro et al. (2014).

Figura 1. Dados climatológicos durante o período de exposição ao intemperismo natural (Tratamento 2). Fonte: INMET (2016).

Figure 1. Climatological data during the period of exposure to natural weathering (Treatment 2).

Para avaliação do intemperismo artificial acelerado foi utilizada uma câmara de ensaio que reproduz atmosferas com irradiação UVA ou UVB, condensação e choque térmico (modelo EQUV) simulando os efeitos sobre os corpos de prova expostos à radiação, chuva e orvalho. Os corpos de prova foram expostos em ciclos alternados de irradiação, umidade e temperatura, controlados de acordo com o especificado na norma ASTM G154 – 12a, ciclo 7 (ASTM, 2012) para irradiação UVA e ciclo 2 para irradiação UVB, detalhados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros técnicos dos ciclos de intemperismo aplicados no ensaio de intemperismo artificial acelerado.
Table 2. Technical parameters of weathering cycles applied in the artificial accelerated weathering test.

Parâmetro	Ciclo 7 - UVA	Ciclo 2 - UVB
Radiação	1,35 W/m ² /nm com o uso de lâmpadas UVA 340 com comprimento de onda de aproximadamente 340 nm	0,71 W/m ² /nm com o uso de lâmpadas UVB 313 com comprimento de onda de aproximadamente 310 nm
Exposição luminosa	8 h na faixa do ultravioleta (UV) a 60 ± 3°C	4 h na faixa do ultravioleta (UV) a 60 ± 3°C
Exposição à umidade	0,25 h de umidade com spray (sem luz) em temperatura não controlada	-
Condensação	3,75 h de condensação a 50 ± 3°C	4 h de condensação a 50 ± 3°C

A determinação da densidade aparente dos corpos de prova foi realizada de acordo com os procedimentos da norma EN 323 (1993). Para análise da estabilidade dimensional, foi avaliada a variação dimensional dos corpos de prova, medindo-se as dimensões das amostras antes e após a exposição ao intemperismo.

Para análise das propriedades mecânicas, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de flexão estática a fim de se obter os valores do módulo de ruptura (MOR) em direção paralela e perpendicular em relação à orientação das partículas dos corpos de prova, adotando-se a norma EN 310 (EN, 1993) para cálculo desta propriedade.

Após realização dos ensaios físicos e mecânicos, realizou-se análise colorimétrica em quatro pontos diferentes (Figura 3a) da superfície exposta dos corpos de provas que apresentaram maiores valores de redução nas propriedades físicas e mecânicas em cada tratamento.

A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi o sistema CIE-LAB 1976, proposto por Camargos (1999). Os parâmetros colorimétricos determinados foram L (luminosidade), a (coordenada no eixo vermelho-verde) e b (coordenada no eixo azul-amarelo). A variação total da cor, foi mensurada de acordo com a Equação 1 conforme a norma ASTM D2244 (ASTM, 2009).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Para avaliar os efeitos do intemperismo natural e artificial acelerado sobre as propriedades e colorimétricas dos painéis foi realizada análise de variância aplicando-se o teste de diferença de médias de Tukey a 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades físicas e mecânicas

De acordo com a Tabela 3, os valores de densidade obtidos para os tratamentos submetidos ao intemperismo não diferem entre si, no entanto, quando considerado o tratamento controle, verifica-se que estatisticamente houve degradação dos corpos de prova sob o efeito do intemperismo, uma vez que todos diferem do tratamento controle (T1), sofrendo decréscimo de valor.

Esse fenômeno pode ser explicado quimicamente, pois com a exposição do material lignocelulósico a condições de umidade e principalmente luminosidade leva a lignina, a decompor-se podendo o processo pode ser acompanhado pela diminuição do teor de lignina e pela formação de grupos carbonílicos da superfície. Posteriormente há degradação da celulose, que é indicada pela perda de massa e pela redução do grau de polimerização (PANDEY, 2005). Isso leva a redução da densidade básica das amostras expostas a essas condições (SILVA; PASTORE, 2004; MÜLLER et al., 2003; NZOKOU; KAMDEM, 2002; FEIST; HON, 1984).

Com relação a variação dimensional (VD) observa-se que o intemperismo natural e artificial UVA foram os que mais interferiram negativamente nesta propriedade, resultando em valores próximos a 22%. Já o intemperismo artificial UVB interferiu negativamente, porém de forma menos significativa, conforme apresentado na Tabela 3. O que de fato é esperado, visto que o efeito da irradiação, variação de umidade e temperatura nas amostras tendem a aumentar suas dimensões e reduzir, conseqüentemente, suas densidades.

Para os valores do módulo de ruptura (MOR) na orientação paralela das partículas em relação ao comprimento, observaram-se diferenças significativas quando comparados ao tratamento T1, e, embora os tratamentos T2 e T3 tenham apresentado comportamentos similares, estes apresentaram redução de valor de aproximadamente 50% quando comparados ao tratamento T4. O que pode ser justificado pela ausência da etapa de pulverização no ciclo 2 (radiação UVB, T4) recomendado pela norma ASTM G154 (ASTM, 2012) e menor período de exposição do ciclo em questão.

Quando analisados os valores obtidos para os corpos de prova com orientação das partículas perpendicular ao comprimento (Tabela 4), pode-se sugerir que a orientação pouco afetou a densidade, assim como, a variação dimensional dos corpos de prova, apresentando comportamentos bem próximos daqueles observados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros físicos e mecânicos, orientação paralela entre os tratamentos analisados.

Table 3. Physical and mechanical parameters, parallel orientation between the analyzed treatments.

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	VD (%)	MOR (MPa)
T1	0.57 a	0.00 c	18.91 a
T2	0.50 b	22.42 a	4.35 c
T3	0.47 b	21.90 a	5.43 c
T4	0.50 b	15.32 b	9.12 b
CV (%)	3.39	14.92	24.08

*Letras diferentes na mesma coluna indicam valores médios estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV coeficiente de variação.

Entretanto, o mesmo não pôde ser observado para o valor do MOR, uma vez que, fazendo um comparativo das Tabelas 3 e 4, observa-se que a orientação provoca alteração mais significativa no tratamento T1 que nos demais, T2, T3 e T4, podendo o valor obtido para o tratamento T4 estar sujeito à pequena representatividade da amostra.

Se comparado o efeito do intemperismo no MOR das amostras com orientação perpendicular (Tabela 4), têm-se que o tratamento T4 apresentou valor estatisticamente igual ao tratamento T1, assim como o T3. Os valores obtidos em T2 foram os únicos a diferirem de fato do tratamento controle, ou seja, T1.

Tabela 4. Parâmetros físicos e mecânicos, orientação perpendicular entre os tratamentos analisados.

Table 4. Physical and mechanical parameters, perpendicular orientation between the analyzed treatments.

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	VD (%)	MOR (MPa)
T1	0.55 a	0.00 c	10.91 a
T2	0.51 ab	19.52 a	3.64 b
T3	0.45 b	22.30 a	4.94 ab
T4	0.51 ab	11.99 b	9.92 a
CV (%)	5.23	20.61	31.49

*Letras diferentes na mesma coluna indicam valores médios estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV coeficiente de variação.

Colorimetria

A partir da análise colorimétrica (Figuras 3a e b) pode-se dizer que a exposição ao intemperismo afetou o parâmetro luminosidade (L^*) das amostras e que alteração mais significativa ocorreu quando estas foram expostas ao intemperismo natural (Figura 3 b). Entre os tratamentos natural e artificial (UVA e UVB) percebe-se que apenas os tratamentos T2 e T4 são estatisticamente diferentes.

Figura 2. Corpos de prova utilizados na análise das propriedades físicas e mecânicas, sete com fibras orientadas paralelamente e três com orientação perpendicular ao comprimento. T1-Controle; T2-Intemperismo Natural; T3-Intemperismo Artificial UVA; e T4-Intemperismo Artificial UVB.

Figure 2. Specimens used for the analysis of physical and mechanical properties, with seven fibers oriented in parallel and three direction perpendicular to the length. T1-control; Natural Weathering-T2; T3-Weathering Artificial UVA; and T4-Weathering Artificial UVB.

Figura 3. (a) desenho esquemático dos pontos analisados para obtenção dos parâmetros colorimétricos; (b) corpos de prova utilizados (T1-IV, T2-IV, T3-III e T4-III), orientação das fibras paralela ao comprimento.

Figure 3. (A) schematic drawing of the points analyzed to obtain the colorimetric parameters; (B) specimens used (T1-IV, IV-T2, T3-T4 and III-III) orientation of the fibers parallel to their length.

A tonalidade (parâmetros a^* e b^*) sofreu maior interferência do intemperismo que a luminosidade, sendo, portanto, o principal responsável pela alteração de cor (parâmetro E^*) dos corpos de prova. Uma análise comparativa entre os valores dos parâmetros a^* e b^* confirmam maior proporção da pigmentação azul-amarelo (b^*) com relação à pigmentação verde-vermelho (a^*) em todos os tratamentos, o que de fato era esperado devido à coloração amarelada natural das amostras analisadas.

O intemperismo natural (T1) provocou queda nos valores de ambos os parâmetros enquanto o intemperismo artificial UVB (T4) favoreceu o acréscimo destes. Já o intemperismo artificial UVA (T3) provocou, de forma pouco significativa, proporcionando assim, acréscimo do parâmetro a^* e decréscimo do parâmetro b^* , onde os valores obtidos são considerados estatisticamente iguais aos do tratamento controle (T1).

Tabela 5. Resultados dos parâmetros colorimétricos entre os tratamentos analisados.

Table 5. Results of colorimetric parameters in the analyzed treatments.

Tratamento	L^*	a^*	b^*	DE^*
T1	67.38 a	11.70 b	34.29 b	-
T2	46.76 c	4.26 c	16.27 c	28.45 a
T3	52.99 bc	13.27 b	32.12 b	14.73 b
T4	55.91 b	16.57 a	39.00 a	13.84 b
CV (%)	7.63	7.36	7.16	24.62

Em que: L^* = luminosidade, a^* = coordenada cromática no eixo vermelho-verde, b^* = coordenada cromática no eixo azul-amarelo., DE^* = Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV coeficiente de variação.

A alteração de cor dos corpos de prova sujeitos ao intemperismo natural resultou em valores estatisticamente diferentes do intemperismo artificial. Entre as radiações artificiais UVA e UVB não houve diferença significativa, sendo os valores considerados iguais pelo método estatístico adotado.

CONCLUSÕES

O intemperismo afeta negativamente a densidade das amostras. Este efeito pode ser interpretado como consequência direta da variação dimensional sofrida durante o período de exposição, mais agravante quando considerado o intemperismo natural e artificial UVA, que também interferiram nos valores MOR. Quando considerado os resultados da análise colorimétrica, nota-se que o intemperismo natural foi de fato o tratamento mais agressivo no diz que respeito à degradação superficial. Esta, por sua vez, favorece a ação dos fatores ambientais e provoca consequentemente redução no valor do MOR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM - AMERICAN SOCIETY TESTING MATERIALS. **D2244 - Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates.** Barr Harbor, 2016.

ASTM - AMERICAN SOCIETY TESTING MATERIALS. **G154-12a - Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials.** Barr Harbor, 2012.

ASTM - AMERICAN SOCIETY TESTING MATERIALS. **D1037-12. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.** Barr Harbor, 2012.

CASTRO, V.; GOMES, B.; RAFAEL LEITE, B.; ANCHES, E.; IWAKIRI, S.; NISGOSKI, S. Avaliação colorimétrica de aglomerados produzidos com partículas de madeira de Sequoia sempervirens e Pinus taeda submetidos ao intemperismo natural. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 4, p. 475-483, 2014

CAMARGOS, J. A. A. **Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais.** 1999. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília.

CAMARGOS JAA, GONÇALEZ JC. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 71, p. 30-41, 1999.

EN – EUROPEAN STANDARDS. **EN 310 Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.** Bruxelas, 1993.

EN – EUROPEAN STANDARDS. **EN 323. Wood-based – Determination of density.** Bruxelas, 1993.

EN – EUROPEAN STANDARDS. **EN: 927-3 Paints and varnishes—coating materials and coating systems for exterior wood—Part 3: natural weathering test.** European Committee for Standardization, Brussels, 2006.

FEIST W. C.; HON D. N. S. Chemistry of weathering e protection. In: ROWELL, R. M. **The chemistry of solid wood.** Washington D.C.: American Chemical Society, p. 401-454.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados meteorológicos.** 206. Disponível na internet: < <http://www.inmet.gov.br> >. Acesso: 21 mar. 2016.

IWAKIRI S.; ANDRADE A. S.; CARDOSO JÚNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E. R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M. K. O. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréiaformaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, 2005.

LEÃO, A. C; ARAÚJO, A. A, SOUZA, L. A. C. Implementação de sistema de gerenciamento de cores para imagens digitais. In: TEIXEIRA, A.; BARRÉRE, E. ABRÃO, I. C. **Web e multimídia: desafios e soluções.** Poços de Caldas: PUC-Minas, 2005. MÜLLER, U. et al. Yellowing and IR-changes of spruce wood as result of UV-irradiation. **Journal of Photochemistry Photobiology B: Biology**, Lausanne, v. 69, n. 2, p. 97-105, 2003.

MORALES, E. A.; ROCCO, F. A.; NASCIMENTO, M. F.; GONÇALVES, R. Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de Tableros OSB Utilizando Técnica de Ensayo No Destructiva. **Información Tecnológica**, La Serena, v. 18, n. 3, p. 89-94, 2007.

NZOKOU, P.; KAMDEM, D. P. Weathering of two hardwoods species: african paudak (*Pterocarpus soyauxii*) and red maple (*Acer rubum*). **Journal of Tropical Forest Products**, Kuala Lumpur, v. 8, n. 2, p. 200-209.

PANDEY, K. K. A note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood. **Polymer Degradation and Stability**, v.87, n.2, p.375- 379, 2005.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M. Fotodecomposição e proteção de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 7-13, 2004.

SURDI, P. G. **Produção de partículas orientadas (OSB) a partir da madeira de híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. 102 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

TELES R. F, COSTA A. F. Influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. Sinop, v. 2, n. 2, p. 65-70, 2014.

TOMASELLI I. A indústria de painéis no Brasil e no mundo: tendências de mudanças no perfil de produção e usos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., 1998. Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998. p. 55-64.

WILLIAMS R. S. Weathering of wood. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Florida: CRC Press, 2005. p.139-185.

Recebido em 03/10/2016

Aceito para publicação em 06/06/2017