



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

Efeito do intemperismo artificial na cor de lâminas de madeira de Cumaru (*Dipteryx odorata*) e Pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) tratadas com dois produtos de acabamento.

Estudante: Thais Jacob Mendes, matrícula: 09/0133307

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília – DF, Agosto de 2014

Thais Jacob Mendes

Efeito do intemperismo artificial na cor de lâminas de madeira de Cumaru (*Dipteryx odorata*) e Pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) tratadas com dois produtos de acabamento.

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Linha de pesquisa: Tecnologia e utilização de produtos florestais
Orientador: Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez

Brasília – DF, Agosto de 2014



Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia

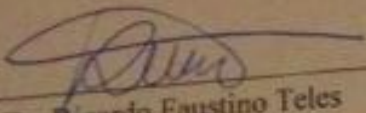
Departamento de Engenharia Florestal


Efeito do intemperismo artificial na cor de lâminas de madeira de Cumaru (*Dipteryx odorata*) e Pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) tratadas com dois produtos de acabamento.

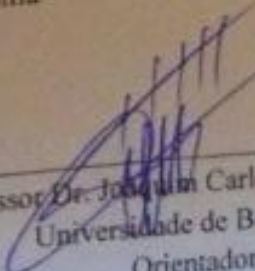
Thais Jacob Mendes - 09/013307

Menção: SS

Aprovado Por:


Prof. Dr. Ricardo Faustino Teles
Instituto Federal de Brasília


Doutoranda Clarissa Melo Lima
Universidade de Brasília


Professor Dr. Joaquim Carlos Gonzalez
Universidade de Brasília
Orientador

Brasília - DF, 03 de Agosto de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, que sempre me apoiou para que seguisse meus sonhos e não desistisse por mais difíceis que parecessem. Principalmente à minha mãe, irmãs e avós, que me deram amor e coragem pra continuar.

A minha namorada Natália, que me aguentou em todos os momentos, desde quando fazia pré-vestibular, sempre me motivando a dar o meu melhor. Te amo.

Aos meus amigos de curso Raymeson, Maiara, Marcela e Laís, que compartilharam das alegrias, agonias, dificuldades e muitos almoços que sempre farão parte das minhas lembranças universitárias. Que nossos caminhos continuem se cruzando.

A minha segunda família, Jero, Lola e Raquel, que me ajudaram a chegar até aqui sempre com muito bom humor e conselhos dados em almoços de domingo, sem contar as caronas.

Ao professor Joaquim Carlos Gonzalez, por sua paciência e compreensão em sempre que necessário tirar dúvidas e ajudar para que esse trabalho fosse possível.

E por fim, à Universidade de Brasília e o Departamento de Engenharia Florestal, que por muitas vezes me apoiou e deu suporte mesmo que muitas vezes com algumas dificuldades.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES.....	26
5. REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 8 – Variações dos parâmetros ΔE^* e ΔL^* provocadas pela ação do intemperismo em lâminas de madeira de <i>Dipteryx odorata</i>.	23
FIGURA 9 – Variações dos parâmetros ΔE^* e ΔL^* provocadas pela ação do intemperismo em lâminas de <i>Balfourodendron riedelianum</i>.	23
FIGURA 10 – Reflectância do <i>Dipteryx odorata</i> submetido a diferentes tratamentos em função do comprimento de onda.	24
FIGURA 11 - Reflectância do <i>Balfourodendron riedelianum</i> submetido a diferentes tratamentos em função do comprimento de onda.	25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.	14
TABELA 2 - Valores médios e desvio-padrão dos parâmetros colorimétricos para as amostras de madeira antes e após a aplicação do verniz marítimo e do cetol para as duas espécies estudadas.	15
TABELA 3 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos de lâminas de <i>Dipteryx odorata</i> para os três tratamentos e tempos de intemperismo estudados. .	16
TABELA 4 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos de lâminas de <i>Balfourodendron riedelianum</i> para os três tratamentos e tempos de intemperismo estudados.	18
TABELA 5 – Variações dos valores dos parâmetros de cor de laminas de madeira de <i>Dipteryx odorata</i> e <i>Balfourodendron riedelianum</i> submetidos a diferentes tratamentos.	20

EFEITO DO INTEMPERISMO ARTIFICIAL NA COR DE LÂMINAS DE MADEIRA DE CUMARU (*Dipteryx odorata*) E PAU-MARFIM (*Balfourodendron riedelianum*) TRATADAS COM DOIS PRODUTOS DE ACABAMENTO.

RESUMO – O intemperismo é um dos principais motivos da deterioração da madeira, principalmente de sua cor. A aplicação de produtos de acabamento minimiza esses efeitos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do intemperismo artificial sobre lâminas de madeira das espécies de *Dipteryx odorata* e *Balfourodendron riedelianum* tratadas com dois produtos de acabamento, o verniz marítimo e cetol, com monitoramento por meio de um espectrofotômetro. As amostras foram submetidas a ciclos de exposição ao intemperismo de 20, 40, 52, 76, 124, 226, 430, 838 e 960 horas. Os parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C^* e h^*) foram medidos antes dos tratamentos, após a aplicação dos produtos e durante os intervalos de tempo de intemperismo. A aplicação dos produtos de acabamento escureceu as lâminas de madeiras de cumaru e pau marfim em estado natural. No entanto, nos tempos de intemperismos mais elevados, ambas as espécies voltaram a clarear, chegando mesmo serem superiores os valores da claridade (L^*) ao da madeira natural. O uso do cetol se mostrou mais eficiente, dando maior estabilidade na conservação da cor da madeira das espécies estudadas.

Palavras-chave: colorimetria.

EFFECT OF ARTIFICIAL WEATHERING ON WOOD LAMINATES COLOR OF CUMARU (*Dipteryx odorata*) AND PAU-MARFIM (*Balfourodendron riedelianum*) TREATED WITH TWO FINISHING PRODUCTS.

*ABSTRACT – Weathering is one of the main reasons for the degradation of wood, especially its color. The application of finishes minimizes these effects. This study aimed to monitor the effect of artificial weathering on wood veneer species **Dipteryx odorata** and **Balfourodendron riedelianum** with two finishes, the marine varnish and Cetol, with monitoring by means of a spectrophotometer. The samples were subjected to cycles of exposure to weathering for 20, 40, 52, 76, 124, 226, 430, 838 and 960 hours. The colorimetric parameters (L^* , a^* , b^* , C^* and h^*) were measured before treatment, after application of the products and during time intervals of weathering. The application of finishes darkened blades Cumaru wood and ivory dick in nature. However, in times of higher weathering, both species returned to lighten, and even be higher than the values of lightness (L^*) of the natural wood. The use of Cetol was more efficient, giving greater stability in the conservation of wood color of the species studied.*

Keywords: colorimetry.

1. INTRODUÇÃO

Entre os materiais construtivos, a madeira destaca-se como um material versátil, com aplicabilidade diversificada de usos. No entanto, a maioria das espécies florestais são suscetíveis a intempéries, alterando suas características naturais, podendo mesmo inviabilizar sua utilização.

O uso da madeira ou de suas lâminas para fabricação de móveis, de assoalhos, ou de outras formas de utilização interiores é determinado, principalmente, pelo seu aspecto, pela sua aparência superficial e em particular por sua cor. Sendo assim, a cor é um fator preponderante no mercado da madeira, muitas vezes, determinando o seu preço final o que requer uniformidade e reprodutibilidade do produto final (Gonzalez, 1993 *apud* Lopes, 2012). O controle da mudança de coloração das lâminas gera produtos de qualidade mais homogêneos, agregando assim valor às peças.

A cor é uma das características de maior importância para a identificação e indicação de usos de espécies de madeira. Por outro lado, a cor da madeira é muito instável, estando sujeita a rápidas alterações. Essa instabilidade está relacionada diretamente aos elementos anatômicos e aos constituintes químicos da madeira que exercem ampla influência na formação da cor (CAMARGOS e GONÇALEZ, 2001). Essa propriedade pode ser alterada por ação do intemperismo, que é uma ação complexa e combinada do sol, da chuva ou umidade e dos ventos (HON, 2001 *apud* LOPES, 2012). Assim, sempre que sujeitada à ação de intempéries, a cor e a textura da madeira são alteradas (SUDIYANI *et al.*, 1999 *apud* MARTINS *et al.*, 2011). Essas alterações ocorrem principalmente, devido à ação dos raios ultravioletas, que provocam tanto a fotodegradação quanto a fotodescoloração da madeira, diminuindo sua vida útil (GOUVEIA, 2008).

Segundo Silva e Pastore (2004) apesar da ação do intemperismo ser limitada à superfície da madeira, constitui um problema para os consumidores e para os tecnólogos, pois afeta o desempenho dos produtos aplicados sobre ela. Há diversas formas de prevenir à madeira da fotodegradação, como a aplicação de compostos químicos inorgânicos, a aplicação de produtos de acabamento, como vernizes, stains e tintas, que embora forneçam algum tipo de proteção, podem modificar o aspecto natural da madeira (GONÇALEZ *et al.*, 2010).

O verniz marítimo acetinado é um polímero alquídico modificado, composto por óleos vegetais, hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos alifáticos, agentes tensoativos, secantes orgânicos e máximo 0,1% em volume de benzeno. O cetol acetinado natural é um produto à base de polímeros acrílicos em emulsão, pigmentos transparentes absorvedores de raios UV, bactericida e fungicida não metálico, agente fosqueante (na versão acetinada), aditivos e água.

Esta pesquisa teve como objetivo acompanhar o efeito do intemperismo artificial sobre lâminas de madeira das espécies de *Dipteryx odorata* e *Balfourodendron riedelianum* tratadas com dois produtos de acabamento por meio da avaliação colorimétrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal – UnB. As lâminas de madeira das espécies foram adquiridas no mercado madeireiro do Distrito Federal e apresentavam dimensões de 250 x 14 x 0,1 cm.

Para o estudo foram utilizadas 12 amostras da espécie *Dipteryx odorata* e 12 da espécie *Balfourodendron riedelianum* nas dimensões de 5,0 x 8,0 cm, na forma de lâminas com espessura de 1,0mm. As amostras foram levemente esfoliadas com lixas de granulometria 150 antes da aplicação dos produtos, incluindo as testemunhas, com a finalidade de uniformizar a superfície. Para cada tratamento foram utilizados quatro corpos de prova de cada espécie, além da testemunha. Foram utilizados três tratamentos: tratamento 1 - quatro corpos de prova com as lâminas de madeira em estado natural (testemunha); tratamento 2 – quatro corpos de prova tratados com o verniz marítimo acetinado; tratamento 3 – quatro corpos de prova tratados com o cetol acetinado natural.

A aplicação dos produtos foi feita por pincel sendo aplicada uma demão dos produtos em cada amostra.

A norma utilizada para a pesquisa de intemperismo artificial foi a ASTM G 154/2000. Os corpos de prova foram submetidos a testes que simulam os efeitos do intemperismo de forma acelerada, durante os períodos de: 20h, 40h, 52h, 76h, 124h, 226h, 430h, 838h e 960h.

Após o processo de acabamento foi feita a medição da cor no espectrofotômetro. As amostras de madeiras foram postas dentro da câmara de envelhecimento (QUV) da Q-Lab, modelo QUV/spray, para receber ciclos de radiação ultravioleta com o período inicial de 20 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas da câmara e tomou-se a medida da cor. As amostras retornaram para a câmara de envelhecimento para receberem mais 20 horas de radiação ultravioleta. Este procedimento foi feito para todos os tempos mencionados até se completar o período de 960 horas. Cada amostra recebeu 180 leituras, sendo possível assim fazer uma varredura em toda a superfície da amostra (face tangencial).

A colorimetria (sistema CIELAB 1976) foi a técnica utilizada para acompanhamento do comportamento colorimétrico. Os parâmetros colorimétricos de avaliação foram (L^* , a^* , b^* , C e h^*). Onde o parâmetro L^* indica luminosidade ou claridade, a^* indica posição da cor sobre o eixo verde-vermelho, b^* a posição da cor sobre o eixo azul-amarelo, C a cromaticidade ou saturação e h^* o ângulo de tinta, de acordo com o Sistema CIELab 1976 (GONCALEZ, 1993). O espectrofotômetro utilizado foi o Color Eye XTH – X-Rite, com iluminante D65 e ângulo de 10° acoplado a um computador com o software Color iControl. Os parâmetros colorimétricos das amostras foram medidos antes das aplicações dos produtos de acabamento, após a aplicação dos produtos e a cada intervalo de tempo dos tratamentos na câmara de envelhecimento acelerado. Para mensurar a alteração na cor da madeira antes e após os tratamentos (ΔE) foi utilizada a Equação 1:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \text{ - equação 1}$$

onde: ΔL é a variação do parâmetro L^* entre as medições; Δa é a variação do parâmetro a^* entre as medições; Δb é a variação do parâmetro b^* entre as medições.

Para verificar a variação total da cor (ΔE) em cada tratamento, utilizou-se a Tabela 1, proposta por Hikita *et al.* (2001). Esta tabela está baseada em níveis de percepção, e faz uma classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.

TABELA 1 – Classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.

TABLE 1 – Classification of the total variation (ΔE) of wood's color.

Varição da cor (ΔE)	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

Foi calculada a média de cada um dos parâmetros colorimétricos em cada medição, com a finalidade de verificar a existência de variação ao longo dos intervalos de exposição às intempéries através da análise de variância (ANOVA) e do teste de médias de Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros colorimétricos das amostras de lâminas de madeira *Dipteryx odorata* e *Balfourodendron riedelianum* antes e após receber os produtos de acabamento.

TABELA 2 - Valores médios e desvio-padrão dos parâmetros colorimétricos para as amostras de madeira antes e após a aplicação do verniz marítimo e do cetol para as duas espécies estudadas.

TABLE 2 - Mean values and standart deviation of colorimetric parameters of samples before and after treatment with verniz marítimo and cetol for both species.

Tratamento	Estatística	Madeira sem tratamento (natural)					Madeira após aplicação dos produtos				
		L*	a*	b*	C	h*	L*	a*	b*	C	h*
<i>Dipteryx odorata</i>											
Testemunha	Média	49,09	10,04	23,66	25,70	67,00	-	-	-	-	-
	Desvio padrão	1,59	0,48	1,06	1,11	0,77	-	-	-	-	-
Verniz marítimo	Média	46,58	9,88	21,48	23,64	65,27	35,89	13,17	18,95	23,08	55,14
	Desvio padrão	1,71	0,48	1,05	1,06	1,07	1,37	0,71	1,42	1,50	1,30
Cetol	Média	48,71	10,18	23,50	25,61	66,59	42,18	11,19	21,71	24,43	63,25
	Desvio padrão	1,62	0,51	1,40	1,45	0,84	4,82	1,46	2,63	2,94	4,97
<i>Balfourodendron riedelianum</i>											
Testemunha	Média	72,28	5,80	30,37	30,92	79,21	-	-	-	-	-
	Desvio padrão	1,75	0,61	1,20	1,27	0,81	-	-	-	-	-
Verniz marítimo	Média	72,46	5,86	30,41	30,97	79,10	66,88	8,58	38,49	39,44	77,51
	Desvio padrão	2,03	0,53	1,06	1,09	0,85	2,31	1,55	3,37	3,61	1,21
Cetol	Média	72,93	5,49	29,28	29,79	79,40	64,59	10,28	42,84	44,06	76,51
	Desvio padrão	2,32	0,45	1,32	1,37	0,50	2,34	0,64	1,44	1,51	0,59

Por meio da Tabela 2, verificou-se que ao aplicar os produtos de acabamentos houve um escurecimento das lâminas de madeira das duas espécies, diminuindo-se os valores de L* (claridade), aumentando os valores da variável a* (pigmento vermelho) e diminuindo os valores do ângulo de tinta (h*), quando comparado com a madeira das espécies antes de passar os produtos. A redução de h* confirma o escurecimento da madeira, aproximando mais as madeiras alteradas pelos produtos, do eixo verde-vermelho no sistema CIEL*a*b.

Para o cumaru, dos dois produtos de acabamento aplicados, observa-se que o verniz marítimo escureceu a superfície da madeira, pois o valor de L* é menor em relação às amostras tratadas com cetol. Essa característica pode ser notada também pela variável h* (ângulo de tinta) que posiciona as amostras tratadas com verniz marítimo mais

próximas ao eixo vermelho. No caso do pau-marfim o escurecimento foi maior quando utilizado o cetol, o que também pode ser notado pela variável h*. Considerando à coordenada b* para a madeira de cumaru constata-se uma diminuição para os dois tratamentos aplicados, o que sugere que os produtos possuem pigmento vermelho ou interagem com a madeira levando a formação deste. Já no caso do pau-marfim houve um aumento da coordenada b* para os dois tratamentos (verniz marítimo e cetol), inferindo que a aplicação dos produtos acentuou a pigmentação amarela, provavelmente devido a interação entre estes e a madeira.

Após as lâminas de madeira das espécies de cumaru e pau-marfim terem sido submetidas à ação do intemperismo pelos períodos de 20h, 40h, 52h, 76h, 124h, 226h, 430h, 838h e 960h, foi constatada alteração de suas cores.

As tabelas 3 e 4 apresentam os valores médios dos parâmetros colorimétricos para os três tratamentos e para duas espécies estudadas.

TABELA 3 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos de lâminas de *Dipteryx odorata* para os três tratamentos e tempos de intemperismo estudados.

TABLE 3 - Mean values of colorimetric parameters for *Dipteryx odorata* wood blades for the three treatments and weathering times studied.

Tratamento	Intemperismo (horas)	L*	a*	b*	C	h*
1 Testemunha	0	49,09C	10,04D	23,66A	25,70A	67,00B
	20	27,13F	12,81A	16,70E	21,05D	52,41F
	40	25,60G	11,89B	14,81F	19,00E	51,17G
	52	45,78E	10,17CD	22,84AB	25,01AB	66,00CD
	76	24,32H	10,69C	12,59G	16,52G	49,60H
	124	47,00D	10,30CD	22,28B	24,55B	65,21DE
	226	47,92D	9,82D	21,12C	23,29C	65,10E
	430	49,01C	8,45E	19,23D	21,02D	66,46BC
	838	51,42B	6,34F	17,37E	18,51EF	70,33A
	960	52,79A	6,12F	16,70E	17,81F	70,40A

2 Verniz Marítimo	0	35,89F	13,17A	18,95DE	23,08AB	55,14F
	20	30,92G	10,87C	12,45F	16,54E	48,69G
	40	28,69H	10,04D	11,51G	15,54F	48,72G
	52	38,17E	12,06B	18,41E	22,02B	56,73E
	76	27,75H	9,26E	10,41H	13,93G	48,31G
	124	42,79D	10,37D	19,42CD	22,03B	61,92D
	226	47,68C	8,73F	20,34AB	22,16B	66,77C
	430	49,15B	6,62G	19,86BC	20,96CD	71,58B
	838	51,27A	5,36H	21,02A	21,71BC	75,62A
	960	51,54A	5,17H	20,01BC	20,68D	75,44A
3 Cetol	0	42,18D	11,19D	21,71BC	24,43B	63,25BC
	20	37,68E	11,80BC	18,97E	22,37C	57,82G
	40	36,11F	9,00F	14,81F	17,36D	58,80FG
	52	42,15D	12,19AB	21,17CD	24,44B	59,91EF
	76	37,38EF	7,01G	13,30G	15,12E	62,18CD
	124	42,78CD	12,47A	22,53AB	25,75A	60,98DE
	226	44,08BC	12,66A	23,03A	26,29A	61,14DE
	430	42,25D	11,61CD	20,54D	23,60B	60,34EF
	838	45,09AB	10,53E	22,04ABC	24,44B	64,39AB
	960	45,75A	10,24E	22,13ABC	24,40B	65,06A

Os valores assinalados com a mesma letra dentro de cada coluna dos parâmetros colorimétricos, para cada tratamento, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Observando-se os valores colorimétricos dos tratamentos submetidos a diferentes períodos de intemperismo para a espécie *Dipteryx odorata*, houve uma diminuição da variável L* (claridade) e aumento da coordenada a* no início dos tratamentos (até 40 horas). Depois de 76 horas de intemperismo, para os três tratamentos, a tendência foi para um aumento de L* e diminuição de a*. É interessante observar que nos dois últimos estágios de intemperismo (838 e 960 horas), para os três tratamentos, inclusive a testemunha, os valores da claridade (L*) foram maiores que o tempo inicial de tratamento. Isto é, a madeira ficou mais clara com o passar do tempo. No caso dos tratamentos 2 (verniz) e 3 (cetol) a coordenada b* também mostrou tendência de aumentar nos últimos estágios de intemperismo, em relação ao estágio

inicial. Isto pode ajudar a explicar a cor mais clara (L*) no final destes dois tratamentos para esta espécie. No entanto, devido a testemunha (sem nenhum produto de acabamento) ter clareado ao final dos estágios de intemperismo, mostra que provavelmente esta espécie possui em sua constituição química, componentes que se oxidam com o intemperismo.

De uma forma geral, observa-se que entre os dois produtos de acabamentos, o verniz, ao final das fases de intemperismo mostrou um maior clareamento da madeira, com uma diminuição significativa da coordenada a* e um aumento significativo da coordenada b*, em relação ao cetol. Por outro lado, o cetol mostrou uma maior estabilidade durante as fases de intemperismo, havendo uma maior uniformidade entre estes três parâmetros colorimétricos (L*, a* e b*). Os valores de h*, corroboram para esta observação, ficando em um intervalo entre 57 a 66 neste tratamento.

Os parâmetros colorimétricos das lâminas de madeira de pau marfim (*Balfourodendron riedelianum*), após a aplicação dos três tratamentos e os 10 tempos de intemperismo podem ser vistos na Tabela 4.

TABELA 4 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos de lâminas de *Balfourodendron riedelianum* para os três tratamentos e tempos de intemperismo estudados.

TABLE 4 – Mean values of colorimetric parameters for *Balfourodendron riedelianum* wood blades for the three treatments and weathering times studied.

Tratamento	Intemperismo (horas)	L*	a*	b*	C	h*
1 Testemunha	0	72,28B	5,80G	30,37D	30,92E	79,21A
	20	54,11G	11,87B	41,50A	43,18A	74,04C
	40	57,37F	11,23C	38,32B	39,94C	73,68CD
	52	67,20E	10,36D	34,02C	35,56D	73,08DE
	76	50,79H	12,98A	39,44B	41,53B	71,79G
	124	68,84D	9,20E	28,50E	29,95E	72,13FG
	226	70,78C	7,23F	21,83F	23,00F	72,80G

	430	72,68B	4,47H	14,08G	14,78G	76,55EF
	838	72,96B	2,88I	11,69H	12,05H	77,28B
	960	74,39A	2,64I	11,23H	11,55H	70,40B
	0	66,88B	8,58F	38,49AB	39,44C	77,51B
	20	54,96F	11,57D	39,66A	41,62A	73,26D
	40	55,26EF	12,08CD	39,61A	41,42AB	73,04D
	52	61,26D	12,81AB	39,67A	41,69A	72,11E
2	76	56,50E	13,03A	37,86BC	40,04BC	71,00F
Verniz Marítimo	124	61,91D	12,32BC	37,05C	39,05C	71,64EF
	226	64,03C	10,16E	33,06D	34,59D	72,99D
	430	66,24B	6,63G	26,12E	26,97E	76,03C
	838	69,90A	4,40H	21,17F	21,63F	78,63A
	960	69,06A	3,84H	19,95F	20,33F	79,30A
	0	64,59A	10,28D	42,84A	44,06BC	76,51A
	20	55,98E	12,02B	40,03C	41,80D	73,25CD
	40	54,56F	11,26C	36,70D	38,40E	72,92CD
	52	62,02B	12,78A	43,30A	45,15A	73,56BC
3	76	54,70F	12,00B	37,31D	39,20E	72,16E
Cetol	124	60,86BC	13,27A	42,54A	44,57AB	72,67DE
	226	60,37C	12,99A	41,27B	43,27C	72,52DE
	430	58,42D	12,04B	37,28D	39,19E	72,15E
	838	58,78D	10,27D	34,94E	36,45F	73,65BC
	960	58,07D	9,65E	33,68F	35,08G	74,03B

Os valores assinalados com a mesma letra dentro de cada coluna dos parâmetros colorimétricos, para cada tratamento, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Observando-se a Tabela 4, as lâminas de madeira de pau marfim sem aplicação de produtos de acabamentos, mostrou tendência em estabilizar ao final dos períodos de intemperismo (838 e 960 horas), diminuindo os valores as coordenadas a^* e b^* . Provavelmente, os constituintes químicos desta espécie tenham sofrido oxidação, levando a uma estabilização de sua cor ao final destes períodos de intemperismo.

O verniz marítimo, com o passar do tempo de intemperismo apresentou um clareamento (L^*) para a espécie, com uma diminuição dos valores das coordenadas a^* e

b*. A saturação (C) da cor também diminuiu, mostrando uma certa instabilidade do produto.

Para esta madeira, o cetol apresentou uma diminuição da claridade (L*) com o avanço do tempo de intemperismo, apesar da estabilização desta a partir do período de 43 horas. Provavelmente o produto possui em sua composição elementos de cor mais escura e ou que interagem com os componentes da madeira levando a um escurecimento mais marcante das amostras que receberam tal produto. (GONÇALEZ *et al*, 2010). Também para esta espécie verifica-se uma tendência de maior uniformidade entre as variáveis colorimétricas a*e b*. Apesar da cromacidade (C) ter diminuído em relação a testemunha, observa-se também uma tendência de estabilização nos períodos finais deste tratamento.

A Tabela 5 apresenta a variação dos parâmetros colorimétricos das lâminas de madeiras das espécies estudadas, comparando os tratamentos 1, 2 e 3. Onde ΔE^* é a variação total da cor.

TABELA 5 – Variações dos valores dos parâmetros de cor de laminas de madeira de *Dipteryx odorata* e *Balfourodendron riedelianum* submetidos a diferentes tratamentos.

TABLE 5 – Variations of the color parameter values of *Dipteryx odorata* and *Balfourodendron riedelianum* veneers subjected to different treatments.

Parâmetro	Tratamento	Tempo de Intemperismo (horas)								
		20	40	52	76	124	226	430	838	960
<i>Dipteryx odorata</i>										
ΔL^*	1	-21,97	-1,52	20,18	-21,46	22,68	0,93	1,09	2,41	1,36
	2	-4,97	-2,23	9,48	-10,43	15,05	4,88	1,48	2,12	0,27
	3	-4,50	-1,57	6,04	-4,77	5,40	1,29	-1,82	2,83	0,66

	1	2,77	-0,91	-1,72	0,52	-0,39	-0,48	-1,37	-2,12	-0,21
Δa^*	2	-2,30	-0,83	2,01	-2,80	1,12	-1,64	-2,11	-1,26	-0,19
	3	0,62	-2,80	3,19	-5,17	5,45	1,29	-1,82	-1,08	-0,29
	1	-6,96	-1,89	8,04	-10,25	9,69	-1,17	-1,88	-1,86	-0,67
Δb^*	2	-6,49	-0,94	6,90	-8,00	9,01	0,92	-0,48	1,16	-1,01
	3	-2,74	-4,15	6,35	-7,87	9,23	0,51	-2,50	1,50	0,10
	1	23,21	2,59	21,79	23,79	24,66	1,56	2,57	3,71	1,53
ΔE^*	2	8,50	2,55	11,89	13,44	17,58	5,23	2,62	2,72	1,06
	3	5,31	5,25	9,33	10,56	12,00	1,90	3,59	3,38	0,73
<i>Balfourodendron riedelianum</i>										
	1	-18,17	3,26	9,83	-16,41	18,05	1,94	1,90	0,28	1,43
ΔL^*	2	-11,91	0,30	5,99	-4,75	5,40	2,12	2,21	3,66	-0,83
	3	-8,61	-1,42	7,47	-7,33	6,16	-0,48	-1,96	0,36	-0,71
	1	6,08	-0,64	-0,87	2,62	-3,77	-1,97	-2,76	-1,59	-0,24
Δa^*	2	2,99	0,51	0,73	0,22	-0,71	-2,16	-3,52	-2,24	-0,55
	3	1,74	-0,76	1,51	-0,78	1,27	-0,48	-1,96	-1,77	-0,62
	1	11,14	-3,18	-4,30	5,42	-10,94	-6,67	-7,75	-2,39	-0,45
Δb^*	2	1,17	-0,05	0,06	-1,82	-0,81	-3,99	-6,94	-4,95	-1,22
	3	-2,81	-3,33	6,60	-5,99	5,23	-1,27	-3,98	-2,34	-1,26
	1	22,16	4,60	10,76	17,48	21,44	7,22	8,45	2,88	1,52
ΔE^*	2	12,34	0,60	6,04	5,09	5,51	5,01	8,09	6,55	1,58
	3	9,23	3,70	10,08	9,50	8,18	1,44	4,85	2,96	1,57

Onde: 1 corresponde ao tratamento 1 (testemunha), 2 corresponde ao tratamento 2 (verniz marítimo) e 3 corresponde ao tratamento 3 (cetol).

Analisando a tabela 5, constata-se que a partir de valores negativos de ΔL^* houve escurecimento na superfície das lâminas de cumaru e pau-marfim, percebendo-se ainda que esse escurecimento foi mais representativo nas primeiras 76h para as duas espécies. Segundo Hon (2001), o escurecimento inicial é atribuído à formação de

compostos quinoidais em função, sobretudo, da degradação da lignina pela radiação UV na presença de oxigênio.

A variação da cor total (ΔE^*), Figura 8 e 9 é maior para ambas as espécies até o tempo de intemperismo de 226 horas, Após este período há uma tendência de maior estabilização.

Observa-se que tanto para a espécie de cumaru como pau marfim, a partir das 76h ocorre uma inversão da declividade do ΔL^* para os tratamentos 1 e 2 e a partir de 430h para o tratamento 3, o que sugere o final do processo de escurecimento da madeira e, possivelmente, a estabilização (Figuras 8 e 9).

Resultados semelhantes para o comportamento da variação de claridade foram encontrados em lâminas de pau-marfim tratada com outros produtos de acabamento sob radiação UV por um período de 500h (LIMA et al., 2013). Verifica-se ainda em estudos semelhantes que esse processo de clareamento com madeiras amarronzadas tende a estabilizar-se à medida que aumenta o tempo de intemperismo (SILVA; PASTORE, 2004; SILVA et al.,2007). Este é o caso do cumaru também observado neste estudo. Já madeiras mais claras, como é o caso do pau marfim tende ser mais difícil a estabilização de seus parâmetros colorimétricos.

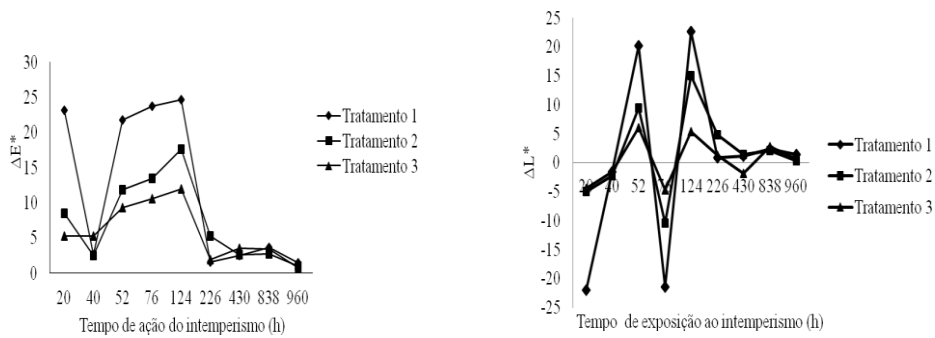


FIGURA 8 – Variações dos parâmetros ΔE^* e ΔL^* provocadas pela ação do intemperismo em lâminas de madeira de *Dipteryx odorata*.

FIGURE 8 – Variations of ΔE^* and ΔL^* caused by the action of weathering in veneers of *Dipteryx odorata*.

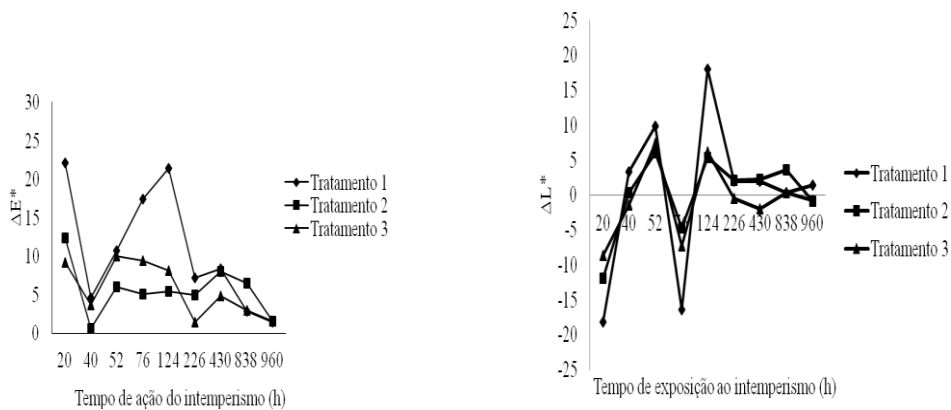


FIGURA 9 – Variações dos parâmetros ΔE^* e ΔL^* provocadas pela ação do intemperismo em lâminas de *Balfourodendron riedelianum*.

FIGURE 9 – Variations of ΔE^* and ΔL^* caused by the action of weathering in veneers of *Balfourodendron riedelianum*.

A variação total da cor (ΔE^*) fornece uma visão geral sobre desempenho das lâminas de madeira sob a ação do intemperismo. A variação da cor ΔE^* para o cumaru, no final do experimento (960h) para os produtos de acabamentos foi de 1,06 e 0,73 para

os tratamentos 2 (verniz) e 3 (cetol), sendo considerada, segunda a classificação de Hikita et al. (2001) como ligeiramente perceptível para ambos os tratamentos. Ainda segundo esta classificação a variação da cor para o pau-marfim, no final do experimento (960h) para os dois produtos de acabamentos foi de 1,58 e 1,57, classificando-as como notável. Novamente percebe-se uma maior estabilidade da espécie cumaru (madeira mais escura) com o passar do tempo de intemperismo, em relação ao pau marfim, madeira mais clara.

As reflectâncias das espécies de cumaru e pau-marfim em função do comprimento de onda podem ser observadas nas figuras 10 e 11, respectivamente. Apresentam-se curvas em intervalos de tempo de 0h, 226h e 960h nos três tratamentos analisados.

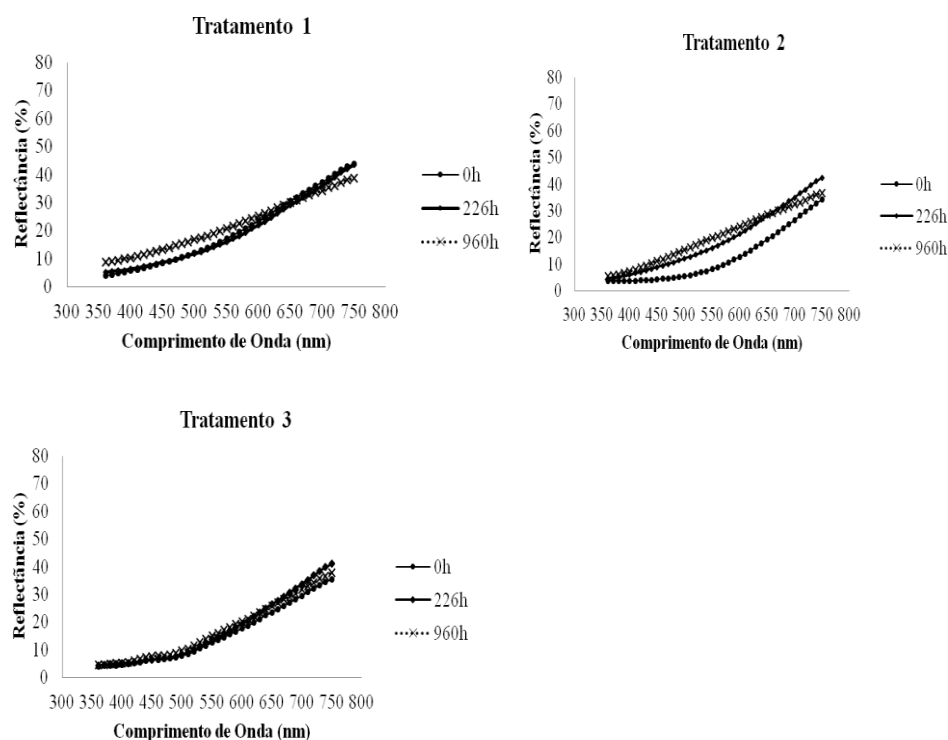


FIGURA 10 – Reflectância do *Dipteryx odorata* submetido a diferentes tratamentos em função do comprimento de onda.

FIGURE 10 – Reflectance of *Dipteryx odorata* subjected to different treatments as a function of wavelength.

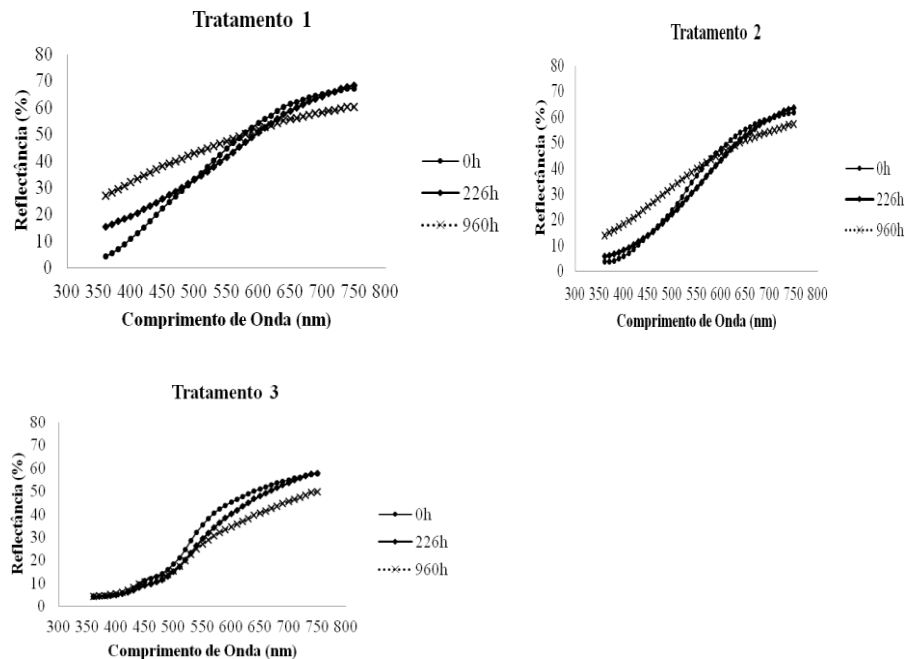


FIGURA 11 - Reflectância do *Balfourodendron riedelianum* submetido a diferentes tratamentos em função do comprimento de onda.

FIGURE 11 - Reflectance of *Balfourodendron riedelianum* subjected to different treatments as a function of wavelength.

Considerando o espectro de luz visível (400-700 nm), observa-se um formato padrão do comprimento de onda *versus* reflectância, tanto para o cumaru quanto para o pau-marfim, submetidos aos três tratamentos. No entanto, verifica-se a inflexão das curvas diferente entre as espécies, mostrando o comportamento de cada uma de acordo com os tratamentos estudados. A madeira de cumaru quando comparada com a de pau marfim (Figuras 10 e 11, respectivamente) apresenta curvas de menores refletâncias para os três tratamentos, confirmando os valores encontrados para os parâmetros

colorimétricos. Tanto para o cumaru, quanto para o pau marfim, o tratamento 3 (cetol) mostrou maior homogeneidade das curvas de reflectância, sugerindo que este produto consegue dar uma maior estabilização na cor da madeira durante os períodos de intemperismos estudados.

4. CONCLUSÕES

A espectrocolorimetria permitiu a obtenção de uma visão geral do comportamento das lâminas de madeira estudadas quando submetidas à ação do intemperismo.

A aplicação dos produtos de acabamento escureceu as lâminas de madeiras de cumaru e pau marfim em estado natural. No entanto, nos tempos de intemperismos mais elevados, ambas as espécies voltaram a clarear, chegando mesmo a ser superior os valores da claridade (L^*) ao da madeira natural.

Os resultados da variação total da cor (ΔE^*) sugerem que tanto a madeira de cumaru como a de pau marfim apresenta menor variação da cor quando tratada com cetol. Sendo confirmado com as curvas de reflectância.

Recomenda-se um estudo dos componentes químicos de ambas as espécies, pois estes poderão dar mais subsídios aos fabricantes de produtos de acabamentos da madeira, no sentido de produzir produtos que estabilizam cada vez mais as madeiras frente ao intemperismo.

5. REFERÊNCIAS

ANGELI, A.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P.H. *Balfourodendron riedelianum* (**Pau Marfim**). Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais – IPEF.

(Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/balfourodendron.riedelianum.asp>), 2005.

AUTRAN, C. S.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização colorimétrica das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.) e de seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Müll Arg.) visando à utilização em interiores. **Ciência Florestal**, v.16, n. 4, p. 445-451. 2006.

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, p. 221-226, 2003.

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

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J.C. **A colorimetria aplicada como instrumento na Elaboração de uma tabela de cores de madeira**. Brasil florestal, nº 71, setembro de 2001.

CARVALHO, P. E. R. “**Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**”. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.: il.color (35p. com 140 fot.), 4 mapas.

CARVALHO, P.E.R. **Cumaru Ferro**. Comunicado Técnico. Colombo, PR. Julho, 2009.

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.

COSTA, J. A. et al. Fotodegradação de duas espécies tropicais: JATOBÁ (*Hymenaea courbaril*) e TAUARI (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, v.17, n.1, p.133-139, 2011.

FEIST, W.C.; HON, D.N.S. Chemistry of weathering e protection. In: ROWELL, R.M. **The chemistry of solid wood**. Washington D.C.: Am. Chem. Soc, 1984.

GONÇALEZ, J. C. **Caracterization technologique de quatre espèces peu connues de la forêt amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. 1993. 446 p. Thèse de Doctorat - Ministère de l’Agriculture et de la Pêche, Nancy, France, 1993.

GONÇALEZ, J.C.; FÉLIX, T.L.F.; GOUVEIA, F.N.; CAMARGOS, J.A.A.; RIBEIRO, P.G. **Efeito da radiação ultravioleta na cor de madeira de Freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamentos.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.20, n.4, p.657-644, out-dez, 2010.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais.** Brasília: UnB, 2008. 131 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GREENBERG, A. D.; GREENBERG, S. **Photoshop - Versão 3.0.** São Paulo: Makron Books, 1995.

GRIEBELER, C.G.de O. **Colorimetria da Madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden Modificada Termicamente.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. Weathering testing of timber: discoloration. In: IMAMURA, Y. **High performance utilization of wood for outdoor uses.** Kyoto: Press-Net, 2001.

HON, D. N.-S. Weathering and photochemistry of wood. In: HON, D. N.-S.; SHIRAIISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry.** New York: Marcel Dekker, 2001, p. 513-546.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Informações sobre madeiras.** 2011. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=10>. Acesso em: 24. Março. 2014.

JANKOWSKY, I. P. et al. **Madeiras brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor.** 1998. 57p.

LAVISCI, P.; JANIN, G.; UZIELLI, L. **Qualité du bois de six essences du maquis méditerranéen.** Forêt Méditerranéenne, Marseille, t. XI, n°1, julho 1989.

LIMA, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; COSTA, T.R.V.da.; PEREIRA, R.S. LIMA, J.B.M. LIMA, M.do S.A.L. **Comportamento da Cor de Lâminas de Madeira de Pau-Marfim (*Balfourodendron riedelianum*) Tratada com Produtos de Acabamento.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.2, p.377-384,2013.

LOPES, J.de. O. **Uniformidade e Estabilidade da Cor da Madeira Termorretrificada de *Tectona grandis* L.f.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Instituto de Floresta. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. 2012.

MARTINS, S.A. SANTOS, C.M.T.dos S.; GONÇALEZ, J.C. CAMARGOS, J.A.A. **Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribea* var.*hondurensis*.** FLORESTA, Curitiba, PR.v.41, n.1, p.87-96, jan/mar.2011.

PASTORE, T. C. M. **Estudos do efeito da radiação ultravioleta em madeiras por espectroscopias RAMAN (FTRAMAN), de refletância difusa no infravermelho (DRIFT) e no visível (CIE-L*a*b*).** 2004. 131f. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

PAULILO, M. T. S.; LAPA, F. S.; FALKENBERG, M. B. **Effect of light intensity and growth substratum on plant development and production of secondary metabolites in *Cordia curassavica* (jacq.) Roem. & Schult.** *Revista Árvore*, v.34, n.3, p.417-423, 2010.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M. **Fotodecomposição e proteção de madeiras tropicais.** *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 11, n. 2, p. 07-13, 2004.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M.; PASTORE JÚNIOR, F. **Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento.** *Ciência Florestal*, v.17, n.1, p.17-23, 2007.

SOUZA, F. de S.; TELES, R.F.; RIBEIRO, P.G.; CAMARGOS, A.M.; MENEZZI, H.S.D. **Resistência natural e alteração da cor da madeira de *Machaerium***

scleroxylon Tul. **Submetida ao ataque de fungos apodrecedores.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v.38, n.87, p.449-457, set.2010.

SUDIYANI, Y.; TSUJIYAMA, S.; IMAMURA, Y.; TAKAHASHI, M.; MINATO, K.; KAJITA, H. **Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering.** Journal of Wood Science, v. 45, n. 4, p. 348-353, aug.1999.

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

