

Recebido: 31-07-2014 Aceito: 17-03-2015

Colorimetria da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil

Eldalisley dos Santos Silva¹, Diego Martins Stangerlin^{2*}, Darci Alberto Gatto³, Leandro Calegari⁴,
Elisangela Pariz⁵

¹ Acadêmica do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Sinop, MT.

² Professor Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Sinop, MT.

³ Professor Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

⁴ Professor Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Campus Universitário de Patos, Patos, PB.

⁵ Professora Assistente do Curso de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de Cuiabá, Campus Universitário de Sinop, Sinop, MT.

RESUMO Este trabalho teve como objetivo avaliar a coloração natural da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, foram obtidas amostras das madeiras de *Apuleia leiocarpa* (grápia), *Araucaria angustifolia* (araucária), *Balfourodendron riedelianum* (guatambu), *Cabralea canjerana* (canjerana), *Cedrela fissilis* (cedro), *Ilex pseudobuxus* (caúna), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) e *Myrocarpus frondosus* (cabreúva), as quais foram desdobradas radialmente e tangencialmente. A metodologia adotada para caracterização dos parâmetros colorimétricos L^* , a^* , b^* , C^* e h foi o sistema CIEL*a*b*, sendo os mesmos obtidos através de um espectrofotocolorímetro. As madeiras de canjerana e caúna apresentaram os maiores e menores valores de luminosidade, coordenada cromática verde-vermelho, e ângulo de tinta, sendo esses de $L^*= 42,53$, $a^*= 17,27$ e $h= 50,67$, para a primeira espécie, e de $L^*= 75,47$, $a^*= 1,44$ e $h= 85,13$, para a segunda espécie. Para a coordenada cromática azul-amarelo e a saturação da cor, os maiores e menores valores foram verificados para as madeiras de grápia ($b^*= 27,87$ e $C^*= 29,19$) e caúna ($b^*= 16,00$ e $C^*= 16,07$), respectivamente. A coordenada a^* apresentou as melhores correlações com a massa específica, visto que, exceto para o guatambu, todas as madeiras apresentaram correlação significativa entre os parâmetros para, pelo menos, um dos planos anatômicos.

Palavras-chave: cor da madeira, CIEL*a*b*, colorímetro, qualidade da madeira.

Colorimetry of eight woods from native species of state of Rio Grande do Sul, Brazil

ABSTRACT This study aimed to evaluate the natural color of eight woods from native species of state of Rio Grande do Sul. For this purpose, wood samples of *Apuleia leiocarpa* (grápia), *Araucaria angustifolia* (araucária), *Balfourodendron riedelianum* (guatambu), *Cabralea canjerana* (canjerana), *Cedrela fissilis* (cedro), *Ilex pseudobuxus* (caúna), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) and *Myrocarpus frondosus* (cabreúva) were prepared and cut considering radial and tangential directions. Colorimetric parameters L^* , a^* , b^* , C^* and h were determined by CIEL*a*b* system using a spectrophotocolorimeter. Canjerana and caúna woods presented the highest and the lowest values of lightness, chromatic coordinate green-red and hue angle: $L^*= 42.53$, $a^*= 17.27$ and $h= 50.67$, for the first specie, and $L^*= 75.47$, $a^*= 1.44$ and $h= 85.13$, for the second specie. Regarding from chromatic coordinate blue-yellow and color saturation, the highest and the lowest values were observed for grápia ($b^*= 27.87$ and $C^*= 29.19$) and caúna woods ($b^*= 16.00$ and $C^*= 16.07$), respectively. The chromatic coordinate a^* showed the best correlations with the density, since, except for guatambu wood, all woods showed a significant correlation between the parameters for, at least, one of the anatomic sections.

Keywords: wood color, CIEL*a*b* color system, colorimeter, wood quality.

Introdução

A cor da madeira apresenta ampla variação entre espécies, sendo esse um parâmetro importante para determinação de seu uso e da própria qualidade da mesma (NISHINO et al., 1998). Janin et al. (2001) e Mori et al. (2005) enfatizaram que a cor é uma característica de grande importância para classificar esteticamente uma madeira como aceitável ou não, bem como para atribuição da sua valoração.

Na indústria madeireira, a cor de seus produtos está diretamente relacionada à tendência da moda ou com a finalidade do seu uso, como na produção de móveis, na produção de lâminas faqueadas para superfícies ou painéis e na fabricação de instrumentos musicais (VETTER, 1988; THULASIDAS et al., 2006). Desse modo, produtores de artefatos de madeira estão sempre se confrontando com a problemática da variação dessa propriedade (VETTER, 1988).

A atribuição da coloração de uma madeira apenas pela análise visual é bastante subjetiva, visto que a mesma pode ser diferente de acordo com o observador e a luminosidade. Para contornar essa subjetividade, foram desenvolvidos métodos quantitativos que empregam variáveis numéricas para as interações provocadas pela luz em uma superfície.

Dentre os sistemas utilizados para medição de cores, o CIEL*a*b* é o mais empregado, o qual é sintetizado através dos parâmetros colorimétricos: luminosidade (L^*), coordenada cromática do eixo verde-vermelho (a^*), coordenada cromática do eixo azul-amarelo (b^*), saturação da cor (C^*) e ângulo da tinta (h) (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001; ATAYDE et al., 2011).

Mori et al. (2004) destacaram que o padrão de cores de uma madeira pode alterar em tonalidades, desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto. Existem dentro desses dois extremos de tons madeiras amarelas, roxas e alaranjadas.

Segundo Fengel; Wegener (1984), a cor da madeira é resultante, basicamente, da composição química das substâncias presentes no xilema, em especial, extrativos e lignina. Camargos; Gonzalez (2001) também afirmaram que a cor da madeira pode sofrer influência direta das características gerais (textura, grã e figura) e dos sentidos de orientação (transversal, longitudinal-tangencial e longitudinal-radial).

A incorporação da análise colorimétrica da madeira é de fundamental importância na caracterização tecnológica, uma vez que estudos têm demonstrado a viabilidade da mesma na classificação qualitativa, como por exemplo: agrupamento de madeiras com propriedades físico-mecânicas similares (NISHINO et al., 2000; MOYA; MARÍN 2011); identificação de estágios iniciais de deterioração biológica de madeiras por fungos apodrecedores (STANGERLIN et al., 2013); eficiência de produtos de acabamento aplicados às superfícies de madeiras para proteção aos efeitos da fotodeterioração (SILVA; PASTORE, 2004); homogeneização da coloração de madeiras submetidas à diferentes tratamentos térmicos (CADEMARTORI et al., 2013). Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a coloração natural da madeira de oito espécies nativas do Estado do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

As madeiras das oito espécies nativas do Estado do Rio Grande Sul foram obtidas em diferentes estabelecimentos madeireiros no município de Pelotas. De modo aleatório, foram selecionadas tábuas oriundas de árvores adultas, as quais foram desdobradas radialmente e tangencialmente, sendo uma tábua para cada orientação de desdobro, das seguintes espécies: *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (grápia); *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (araucária); *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (guatambu); *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (canjerana); *Cedrela fissilis*

Vell. (cedro); *Ilex pseudobuxus* Reissek (caúna); *Luehea divaricata* Mart. & Zucc (açoita-cavalo); *Myrcarpus frondosus* Allemao (cabreúva). As tábuas selecionadas foram submetidas à secagem prévia ao ar livre até obtenção da umidade de equilíbrio, aproximadamente 15%.

Para cada espécie e orientação de desdobro, confeccionaram-se oito corpos de prova oriundos do cerne e livres de quaisquer defeitos (como por exemplo: rachaduras superficiais, nós e grã irregular), com dimensões nominais de 20 x 3 x 50 cm (largura, espessura e comprimento, respectivamente). De modo a evitar a influência de qualquer efeito externo na coloração das madeiras (diferença de umidade e oxidação da madeira devido à exposição ao ambiente), as mesmas foram submetidas à climatização em condições controladas (temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%) e, posteriormente, ao lixamento com lixa de grã 200.

A massa específica aparente de cada corpo de prova foi determinada por meio da relação entre a massa e o volume dos corpos de prova, na condição de umidade de equilíbrio de 12%, seguindo recomendações estabelecidas na Norma Brasileira Reguladora – NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1997).

A caracterização colorimétrica da madeira das oito espécies foi realizada mediante emprego de um espectrofotocolorímetro com resolução de 3 nm e dotado de uma esfera integradora de refletância difusa. Para tanto, utilizou-se iluminante D65, composto de uma lâmpada de xenônio, o qual simula a radiação solar diurna, com um ângulo de observação de 10° em temperatura ambiente.

Os parâmetros colorimétricos L^* (luminosidade), a^* (coordenada cromática verde-vermelho), b^* (coordenada cromática azul-amarelo), C^* (saturação da cor) e h (ângulo de tinta) foram obtidos ao empregar o sistema CIEL*a*b*, sendo realizada a média de cinco leituras para cada corpo de prova.

Para a análise dos parâmetros colorimétricos, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial, dos seguintes fatores: espécie madeireira (oito níveis), orientação de desdobro (dois níveis) e a interação entre estes. Os fatores e as interações significativos pelo teste de F ($0,01 < p < 0,05$) foram desdobrados e analisados separadamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Adicionalmente, estabeleceram-se correlações simples de Pearson entre os parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^* com a massa específica aparente a 12% de umidade.

Resultados e Discussão

A massa específica aparente das madeiras avaliadas apresentou ampla variação (Figura 1), destacando as espécies cabreúva e araucária como aquelas de maior e menor massa específica, respectivamente.

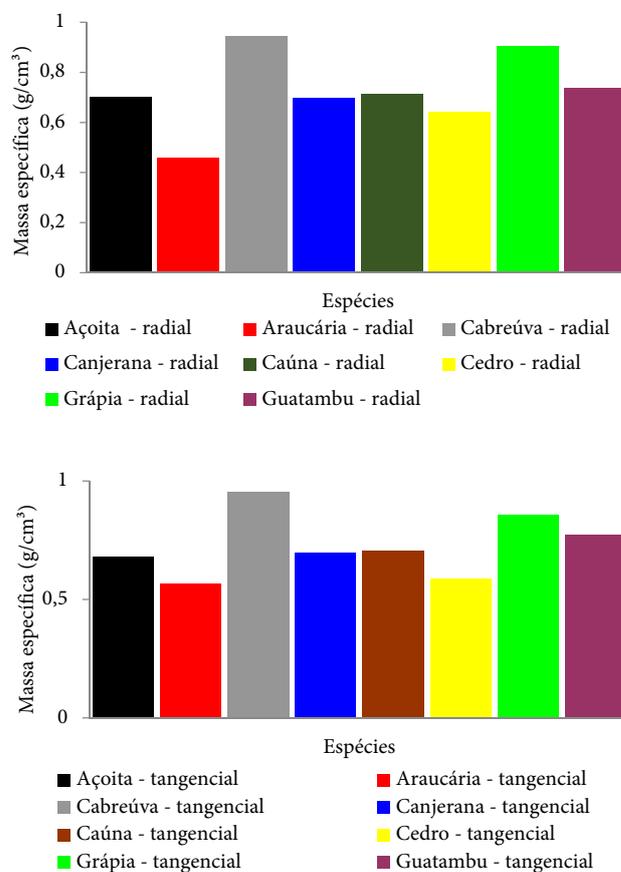


Figura 1. Massa específica aparente a 12% de umidade.
Figure 1. Density at 12% moisture content.

Os resultados de massa específica verificados para as madeiras de cabreúva (radial - 0,94 g/cm³ e tangencial - 0,95 g/cm³) e araucária (radial - 0,46 g/cm³ e tangencial - 0,54 g/cm³) corroboram com Muñiz; Marchiori (2009) e Stangerlin et al. (2008) que destacaram valores entre 0,84 a 1,02 g/cm³, para a primeira espécie, e de 0,44 a 0,59 g/cm³, para a segunda espécie, respectivamente.

Na análise de variância dos diferentes parâmetros colorimétricos (Tabela 1) pode-se verificar que, isoladamente, os fatores espécie madeireira (E) e plano anatômico (P), dentro dos seus níveis, denotaram diferença estatística significativa, bem como quando considerada a interação entre estes, com exceção dos parâmetros a* e h. Nas

Tabelas 2 e 3 verificam-se as comparações múltiplas das médias dos parâmetros colorimétricos L*, a*, b*, C* e h.

As madeiras de canjerana e caúna foram as que apresentaram a menor e a maior intensidade de L*, respectivamente. Além disso, as mesmas espécies destacaram-se quanto aos extremos de avermelhamento (coordenada cromática a*), no entanto apresentaram comportamento inverso quanto à intensidade desse parâmetro em comparação ao L*. Para a coordenada cromática b*, as madeiras de cabreúva e caúna apresentaram as menores intensidades de amarelecimento, enquanto que as madeiras de grápia e guatambu destacaram-se pelas maiores intensidades deste parâmetro.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos parâmetros colorimétricos L*, a*, b*, C* e h.

Table 1. Summary of the analyses of variance of colorimetric parameters L*, a*, b*, C* and h.

FV	GL	Quadrado Médio				
		L*	a*	b*	C*	h
E	7	2181,78*	373,68*	323,11*	390,98*	1938,81*
P	1	286,54*	0,12 ^{NS}	34,84*	35,62*	39,46*
E x P	7	22,43*	2,58*	18,03*	18,45*	1,42 ^{NS}
Erro	115	4,52	0,87	1,18	1,36	4,20

Em que: FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade; E= espécie madeireira; P= plano anatômico; *= significativo a 5% de probabilidade; ^{NS}= não significativo.

Tabela 2. Comparações múltiplas das médias dos parâmetros colorimétricos L*, a* e b*.

Table 2. Multiple comparisons among averages of colorimetric parameters L*, a* and b*.

Espécie	L*		a*		b*	
	T	R	T	R	T	R
Canjerana	41,62 a A	43,57 a A	17,12 e A	17,43 f A	20,75 b A	21,57 b A
Cabreúva	48,44 b A	50,00 b A	8,78 c A	8,78 c A	16,22 a A	17,44 a B
Cedro	57,86 c A	57,00 c A	13,43 d A	14,12 e A	21,57 b A	21,87 b A
Araucária	62,65 d A	66,62 d B	8,62 c A	10,25 d B	20,37 b A	21,87 b B
Guatambu	71,77 e A	70,22 e A	5,89 b A	6,11 b A	26,89 c A	26,78 c A
Açoita	62,11 d A	70,11 e B	5,00 b A	6,00 b B	14,89 a A	20,44 b B
Grápia	72,50 e A	72,50 e A	8,37 c A	8,50 c A	28,12 c A	27,62 c A
Caúna	73,17 e A	77,00 f B	1,67 a A	1,22 a A	15,50 a A	16,33 a A

Em que: T= plano tangencial; R= plano radial. Dentro de cada parâmetro colorimétrico, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na horizontal ou por uma mesma letra minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Comparações múltiplas das médias dos parâmetros colorimétricos C* e h.**Table 3.** Multiple comparisons among averages of colorimetric parameters C* and h.

Espécie	C*		h	
	T	R	T	R
Canjerana	26,87 de A	27,71 ef A	50,50 a A	50,86 a A
Cabreúva	18,33 b A	19,55 b B	61,33 c A	63,11 c A
Cedro	25,29 d A	26,12 e A	58,00 b A	57,25 b A
Araucária	22,25 c A	24,00 d B	67,12 d A	63,50 c A
Guatambu	27,55 ef A	27,55 ef A	77,44 f A	77,00 e A
Açoita	15,78 a A	21,33 c B	72,22 e A	73,89 d A
Grápia	29,25 f A	29,12 f A	73,50 e A	72,75 d A
Caúna	16,67 a A	16,33 a A	84,33 g A	85,67 f A

Em que: T= plano tangencial; R= plano radial. Dentro de cada parâmetro colorimétrico, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na horizontal ou por uma mesma letra minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

Com relação ao parâmetro C*, o qual é diretamente relacionado às coordenadas cromáticas a* e b*, verifica-se comportamento similar ao destacado para o amarelecimento, em que as madeiras de caúna e grápia foram aquelas de menor e maior saturação da cor. Da mesma forma, o parâmetro h apresenta relação com as duas coordenadas cromáticas básicas, porém o resultado foi mais influenciado pelo avermelhamento das madeiras, uma vez que a canjerana e a caúna apresentaram o menor e maior ângulo de tinta, respectivamente.

Ao considerar o plano anatômico, de modo geral, as amostras radiais apresentaram os maiores valores para os cinco parâmetros colorimétricos, com destaque para a madeira de açoita-cavalo, que apresentou diferença significativa nos valores de L*, a*, b* e C*, e para a madeira de araucária, com diferença estatística para os parâmetros de L*, b* e C*. Por outro lado, os parâmetros colorimétricos das madeiras de cedro, guatambu e grápia não apresentaram qualquer diferença estatística entre as amostras radiais e tangenciais.

Nishino et al. (1998) ao avaliarem a colorimetria de 97 espécies nativas da Guiana Francesa, também verificaram diferenças na coloração da madeira entre as faces tangencial e radial. Essa diferença colorimétrica pode ser atribuída às

características anatômicas, como, por exemplo, a maior exposição superficial de parênquima radial devido à existência de raios de dimensões maiores, bem como pela presença de substâncias de reserva no parênquima radial.

Na Tabela 4 verifica-se que as correlações entre os parâmetros colorimétricos e a massa específica não apresentam um padrão igualmente definido para todas as espécies e os dois planos anatômicos. Para cada madeira e plano anatômico verifica-se um determinado parâmetro colorimétrico que melhor caracteriza a variação da massa específica. Esse resultado justifica-se em razão de que a massa específica não é o principal fator influente na variação colorimétrica da madeira, mas sim, a quantidade de compostos químicos como os extrativos e lignina (MORI et al., 2004).

A coordenada cromática a* apresentou as melhores correlações com a massa específica, visto que, com exceção do guatambu, todas as madeiras apresentaram uma correlação significativa entre os dois parâmetros para, pelo menos, um dos planos anatômicos. De modo geral, a coordenada cromática a* apresenta estreita relação com os compostos fenólicos de diferentes madeiras (DELLUS et al., 1997; BURTIN et al., 1998; MORI et al. 2005), sendo que a presença de tais constituintes também está relacionada ao acréscimo na

massa específica da madeira, como se pode atribuir as madeiras de cabreúva (radial e tangencial), caúna (radial e tangencial), araucária (tangencial) e grápia (tangencial). No entanto, para as madeiras de canjerana (tangencial), cedro (tangencial) e açoita-cavalo (tangencial) tal afirmação não pode ser considerada, uma vez que foi constatada correlação negativa entre os parâmetros.

Tabela 4. Correlações de Pearson entre os parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^* com a massa específica aparente a 12% de umidade.

Table 4. Pearson's correlations between colorimetric parameters L^* , a^* and b^* with density at 12% moisture content.

Espécie - Plano	$L^* \times ME$	$a^* \times ME$	$b^* \times ME$
Canjerana - Radial	- 0,24 ^{NS}	- 0,59 ^{NS}	- 0,25 ^{NS}
Canjerana - Tangencial	0,16 ^{NS}	- 0,73*	- 0,71*
Cabreúva - Radial	- 0,93**	0,90**	- 0,74*
Cabreúva - Tangencial	- 0,83**	0,71*	- 0,67*
Cedro - Radial	- 0,01 ^{NS}	- 0,12 ^{NS}	- 0,78*
Cedro - Tangencial	0,22 ^{NS}	- 0,84**	- 0,76*
Araucária - Radial	- 0,78*	0,46 ^{NS}	0,07 ^{NS}
Araucária - Tangencial	- 0,82**	0,79*	0,31 ^{NS}
Guatambu - Radial	0,25 ^{NS}	- 0,28 ^{NS}	- 0,21 ^{NS}
Guatambu - Tangencial	0,34 ^{NS}	- 0,10 ^{NS}	- 0,75*
Açoita - Radial	- 0,69*	- 0,19 ^{NS}	- 0,69*
Açoita - Tangencial	- 0,03 ^{NS}	- 0,67*	- 0,24 ^{NS}
Grápia - Radial	0,40 ^{NS}	- 0,31 ^{NS}	- 0,70*
Grápia - Tangencial	- 0,08 ^{NS}	0,80**	- 0,36 ^{NS}
Caúna - Radial	- 0,32 ^{NS}	0,82**	0,53 ^{NS}
Caúna - Tangencial	0,20 ^{NS}	0,68*	0,56 ^{NS}

Em que: **= significativo a 1% de probabilidade; *= significativo a 5% de probabilidade; ^{NS}= não significativo.

Hittler et al. (1972) descreveram que, assim como a coordenada cromática a^* , a luminosidade também está relacionada com a maior ou menor quantidade de extrativos presentes na madeira. Nishino et al. (2000) ao avaliarem a coloração da madeira de 26 folhosas japonesas, também destacaram que o parâmetro colorimétrico L^* é diretamente influenciado pela variação da massa específica, em especial para madeiras orientadas tangencialmente. No presente estudo, as madeiras de cabreúva (radial e tangencial), araucária (radial e tangencial) e açoita-cavalo (tangencial) apresentaram correlações negativas entre as duas variáveis,

indicando que a redução na luminosidade da madeira é relacionada à maior massa específica da madeira.

Diferentemente ao observado por Nishino et al. (2000), para as madeiras analisadas no presente estudo não foi verificada correlação positiva entre o parâmetro colorimétrico b^* e a massa específica, exceto para as madeiras de araucária e caúna, entretanto as correlações não foram significativas. As madeiras de cabreúva (radial e tangencial), cedro (radial e tangencial), canjerana (tangencial), guatambu (tangencial), açoita (radial) e grápia (radial) apresentaram correlações negativas com a massa específica. Esse resultado é similar ao verificado por Amorim et al. (2013) ao avaliarem as madeiras de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis*.

Conclusões

Dentre as madeiras avaliadas, a madeira de canjerana apresentou os maiores valores de L^* (luminosidade) e a^* (coordenada cromática verde-vermelho) e o menor de h (ângulo de tinta). Por outro lado, a madeira de caúna apresentou extremos opostos, L^* e a^* de menores intensidades e h de maior intensidade. Os parâmetros colorimétricos b^* (coordenada cromática azul-amarelo) e C^* (saturação de cor) foram mais e menos intensos para as madeiras de grápia e caúna, respectivamente.

As madeiras orientadas radialmente apresentaram tendência de maiores intensidades para os cinco parâmetros colorimétricos avaliados em relação às orientadas tangencialmente. Entretanto, não houve diferença estatística para as madeiras de cedro, guatambu e grápia.

A coordenada a^* apresentou as melhores correlações com a massa específica, uma vez que, para ao menos um dos planos anatômicos de cada madeira, foi verificada correlação significativa entre as duas variáveis, com exceção da madeira de guatambu.

Referências

- AMORIM, P.G.R.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 461-466, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT. 1997. 107p.
- ATAYDE, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011.
- BURTIN, P.; JAY-ALLEMAND, C.; CHARPENTIER, J.P.; JANIN, G. Natural wood colouring process in *Juglans* sp. (*J.nigra*, *J.regia* and hybrid *J.nigra* 23 × *J.regia*) depends on native phenolic compounds accumulated in the transition zone between sapwood and heartwood. **Trees**, v. 12, p. 258-264, 1998.
- CADEMARTORI, P.H.G.; SCHNEID, E.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; BELTRAME, R. Thermal modification of *Eucalyptus grandis* wood: variation of colorimetric parameters. **Maderas: Ciência y Tecnología**, v. 15, n. 1, p. 57-64, 2013.
- CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.
- DELLUS, V.; SCALBERT, A.; JANIN, G. Polyphenols and colour of Douglas-fir heartwood. **Holzforschung**, v. 51, p. 291-295, 1997.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. New York: Waster & Grugter, 1984. 613p.
- HITTLER, C.R.; FREESE, F.; SMITH, D.M. Relationships in black walnut heartwood between color and other physical and anatomical characteristics. **Wood and Fiber Science**, v. 4, n. 1, p. 38-42, 1972.
- JANIN, G.; GONÇALEZ, J.C.; ANANIAS, 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.
- MORI, C.L.S.O.; MORI, F.A.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.C. Influencia das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.
- MORI, C.L.S.O.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.; TRUGILHO, P.F.; GONÇALEZ, J.C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.
- MOYA, R.; MARÍN, J.D. Grouping of *Tectona grandis* (L.f.) clones using wood color and stiffness. **New Forests**, v. 42, p. 329-345, 2011.
- MUÑIZ, G.I.B.; MARCHIORI, J.N.C. Anatomia da madeira de duas Leguminosas Fabóideas da Floresta Estacional de Misiones – Argentina. **Balduinia**, n. 19, p. 19-24, 2009.
- NISHINO, Y.; JANIN, G.; CHANSON, P.D.; DÉTIENNE, P. GRIL, J. THIBAUT, B. Colorimetry of wood specimens from French Guiana. **Journal of Wood Science**, v. 44, p. 3-8, 1998.
- NISHINO, Y.; JANIN, G.; YAMADA, Y.; KITANO, D. Relations between the colorimetric values and densities of sapwood. **Journal of Wood Science**, v. 46, p. 267-272, 2000.
- SILVA, J.O.; PASTORE, T.C.M. Fotodecomposição e proteção de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 7-13, 2004.
- STANGERLIN, D.M.; COSTA, A.F.; GONÇALEZ, J.C.; PASTORE, T.C.M.; GARLET, A. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 429-438, 2013.
- STANGERLIN, D.M.; DOMINGUES, J.M.X.; SANTINI, E.J.; CALEGARI, L.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. Obtenção do módulo de elasticidade em madeiras de *Patagonula americana* e *Araucaria angustifolia* por meio do método ultra-sonoro. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2008.
- THULASIDAS, P.K.; BHAT, K.M.; OKUYAMA, T. Heartwood colour variation in home garden teak (*Tectona grandis*) from wet and dry localities of Kerala, India. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 18, n. 1, p. 51-54, 2006.
- VETTER, R.E. Colorimetria aplicada em pesquisa de madeira. **Acta Amazonica**, v. 18, n. 1-2, p. 179-188, 1988.