

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS NA COR DA MADEIRA DE EUCALIPTOS

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE COLOR OF EUCALYPT WOOD

Cláudia Lopes Selvati de Oliveira Mori¹ Fábio Akira Mori² José Tarcísio Lima³
Paulo Fernando Trugilho³ Adalberto Caldas Oliveira⁴

RESUMO

Devido à importância da cor da madeira como componente de descrição da mesma, é que se realizou um estudo procurando verificar a influência dos componentes químicos na cor da madeira de diferentes clones de eucaliptos. Foram verificadas as quantidades de lignina e polifenóis nas madeiras das mesmas, as dimensões das fibras e a sua massa específica. As medições colorimétricas foram efetuadas através de um espectrofotômetro Data Color 200d. Microflash. Verificou-se que, das características das madeiras estudadas, a quantidade de extrativos, basicamente polifenóis, tem alta correlação com a cor da madeira.

Palavras-chave: caracterização tecnológica; cor; eucalipto.

ABSTRACT

Due to importance of the color of the wood as a component of its description this study was undertaken to verify the influence of chemical components in the color of wood of various clones of eucalypt. The amount of lignin and polyphenols in the wood, the fibres dimensions and its specific gravity were determined. The colorimetric measurements were made through a specterphotometer Data Color 200d Microflash. It was verified by the characteristics of the wood studied, that the amount of extractives, basically polyphenols, had high correlation with the color of the wood.

Key words: technological characterization; color; eucalypt.

INTRODUÇÃO

Características como a densidade, textura, grã e dureza são bastante utilizadas na classificação e avaliação da qualidade da madeira. Recentemente, a cor vem sendo considerada como um índice de classificação e qualidade da madeira.

O padrão de coloração de uma madeira pode variar em tonalidades que vão desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto. Dentro dessa variação, existem madeiras amarelas, avermelhadas, roxas e alaranjadas. Segundo Mady (2000), a cor da madeira deriva da composição química das substâncias presentes no xilema: polifenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas, dentre outros, conferindo diferenciadas cores no lenho. Características anatômicas, como camadas de crescimento, vasos, raios e tipos de parênquima axial, podem influenciar na cor da madeira. A variação da cor natural da madeira é facilmente perceptível aos olhos humanos. Essa variação é devido à impregnação de diversas substâncias orgânicas nas paredes celulares, sendo depositada de forma mais acentuada no cerne (Tsoumis, 1968).

A mudança da cor na madeira resulta da ação de múltiplos agentes externos nos componentes estruturais e extrativos da mesma (Hon, 1975), especialmente as radiações ultravioletas, que provocam a deterioração dos seus elementos constitutivos, destacando-se a lignina (Rowell, 1990). De acordo com Chang *et al.* (1982) e Hon (1985), a celulose é menos suscetível aos raios ultravioletas. Sternadt e Camargos (1991), estudando a variação da cor de 62 espécies de madeira da Região Amazônica expostas à luz solar, observaram que não ocorreram cores neutras, sendo as mais frequentes as de maior intensidades cromáticas,

1. Engenheira Florestal, MSc., Doutoranda do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Estadual de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, CEP 13418-900, Piracicaba (SP). selvaticl@uol.com.br
2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, CEP 37200-000, Lavras (MG). morif@ufla.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, CEP 37200-000, Lavras (MG). jtlima@ufla.br
4. Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, CEP 37200-000, Lavras (MG). betocaldas@zipmail.com.br

Recebido para publicação em 3/09/2003 e aceito em 29/06/2004.

prevalecendo o vermelho, o amarelo e o marrom.

Segundo Desh e Dinwoodie (1993), as cores da madeira são causadas pela quantidade de extrativos presentes na parede celular do cerne, que faz com que a madeira, quando exposta à luz, ar, calor ou mesmo, ao longo do tempo, escureça ou clareie, de modo a alterar a sua cor. A própria secagem em estufa pode escurecer a madeira, de tal forma que muitas passem por um processo de vaporização para se obter um material escuro (Desh e Dinwoodie, 1993).

Scalbert *et al.* (1987), citados por Gonçalves (1993), apresentaram resultados que indicam que a cor das madeiras de *Quercus* spp varia com a natureza dos compostos fenólicos presentes no cerne. Sobre esta questão, Janin *et al.* (1990b) constataram variações de cor nas madeiras de *Quercus* spp devido à oxidação e condensação de polifenóis. O contato com a luz pode mudar a cor da madeira através da oxidação de certos extrativos (Webb e Sullivan, 1964). Hitler (1972) propõe que o alto teor de extrativos está relacionado com a claridade, ou seja, quanto maior a quantidade de substâncias extratáveis coloridas na madeira, mais escura ela é.

MacGinnes e Phelps (1983), estudando lâminas de *Juglans nigra*, observaram que as diferenças de cor encontradas manifestaram-se em todos os elementos anatômicos. Entretanto, MacGinnes e Phelps (1983) encontraram poucas diferenças entre as lâminas claras e escuras de *Juglans nigra* em relação à porcentagem de elementos anatômicos. No último caso, os autores concluíram que a cor da madeira de *Juglans nigra* depende mais do teor de componentes corantes do que dos elementos anatômicos.

A cor, entretanto, não é estável em uma madeira, uma vez que ela tende a alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com os componentes químicos, tais como a lignina.

Na maioria das vezes, a determinação de um padrão de cor na madeira é de forma bastante subjetiva. Dentre a variedade de formas de descrever precisamente uma cor, existem métodos capazes de discerni-la cientificamente e de modo preciso. Um método básico no qual as cores podem ser expressas de forma precisa e serem compreendidas é a colorimetria, que descreve cada elemento da composição de uma cor, numericamente, por meio de um aparelho apropriado. Este método de análise de cor é usado em diferentes sistemas de produção fabril, como por exemplo, indústrias têxteis, químicas e plásticas. Um dos sistemas mais utilizados para medição de cores é o sistema CIELAB (Comissão Internacional de Iluminantes), 1976, que é obtido através de coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* , C^* e h . Este sistema é baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade (Stanziola, 1979).

A luminosidade define a escala cinza entre o branco e o preto. É expressa pela variável L^* e assume valor 0 para o preto absoluto e 100 para o branco total. A tonalidade é expressa pelas cores primárias vermelho, verde, amarelo e azul, sendo representada em forma de um círculo cortado por duas retas perpendiculares (horizontal e vertical) passando pelo centro. Os pigmentos vermelho, verde, amarelo e azul são definidos pelas coordenadas: $+a^*$, $-a^*$, $+b^*$ e $-b^*$, respectivamente no sistema CIE $L^*a^*b^*$, 1976 (Barros, 2002). O ângulo de tinta (h) é o ângulo do círculo, derivado dos valores de a^* e b^* , variando de 0 a 60. E a saturação ou cromaticidade (C) é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^* (luminosidade) (Minolta s/d, citado por Barros, 2002).

Os colorímetros, de acordo com Michot (1994), são equipados com uma série de filtros (azul, amarelo, verde, vermelho) e de fotodetectores, que tratam de reconstituir a resposta de um observador a uma cor. Com relação aos espectrofotômetros, segundo o autor, estes medem a refletância de uma amostra e de um branco padrão nos mesmos comprimentos de onda, o que leva à porcentagem de luz refletida pelo objeto em função de um padrão.

A descrição ou a medição da cor de uma madeira torna-se mais importante quando a madeira é menos conhecida ou nova no mercado. Estes são os casos da madeira de *Eucalyptus*, que tem sido introduzida em maior escala no Brasil como sólido serrado há menos de dez anos.

O *Eucalyptus* também apresenta características visuais interessantes, inclusive em sua coloração,

que vão desde uma coloração bege-clara a avermelhado-rosado. O eucalipto apresenta como características gerais do gênero alburno fino (menos de 3 cm) e coloração clara. Seu cerne pode variar desde um amarelado a bege (*Eucalyptus dunni*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus*) até tons variando de pardo-avermelhados a vermelhos (*Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus resinifera*), apresentando pouco brilho, grã direita e reversa, textura fina a média (Muñiz, 2002).

Devido à importância da cor da madeira, como uma ferramenta de verificação de padrão de qualidade, a grande variabilidade nas suas propriedades, sendo um material de difícil padronização, inclusive a sua classificação visual, foi realizado um estudo envolvendo alguns clones de *Eucalyptus*, cujo objetivo foi: correlacionar as características tecnológicas da madeira com os parâmetros de cor obtidos no sistema CIELAB, 1976.

MATERIAL E MÉTODOS

O material foi obtido de testes clonais cultivados pela Companhia Mineira de Metais - Unidade Agroflorestal Riacho - Município de Vazante/MG, com idades variando entre 7,5 a 13,5 anos de idade. Dessa forma, foram amostrados 11 materiais genéticos, sendo abatidas 3 árvores por clone. Após serem abatidas, foi retirada uma tora de 7,0 m de comprimento. As toras de sete metros foram seccionadas em partes menores para servir a diferentes propósitos conforme o estudo pretendido.

Composição química

As análises químicas da madeira tiveram a finalidade de quantificar os polifenóis e lignina presentes nas madeiras. Para essas análises, foram tomadas amostras representativas, retirando-se discos a 1,30 m e a 2,80 m de cada árvore. Destes discos, foram retiradas cunhas, que posteriormente foram transformadas em serragem, moídas em moinho Martelo e peneiradas em peneiras de 40 - 60 mesh. As amostras retidas na peneira de 60 mesh foram devidamente aclimatizadas em condição de 20°C e 65% de umidade relativa.

Quantificação de polifenóis

Para a quantificação do teor de polifenóis na madeira, seguiu-se a metodologia utilizada por Mori (1997). Foram usados 2g de serragem a qual foi absolutamente seca em cadinho de vidro sinterizado nº 2, previamente tarado. Foram feitas três repetições.

As extrações foram realizadas na seguinte seqüência:

- a) Extração com tolueno P.A. sob refluxo em extrator Soxhlet por 2 horas;
- b) Extração em álcool etílico por 3 horas, também sob refluxo.

A amostra após extração foi seca em estufa a $103 \pm 2^\circ$ C. O teor de polifenóis foi calculado pela seguinte equação:

$$T.P (\%) = (PI - PF / PF) * 100$$

Em que: TP = teor de polifenóis; PF = peso final da amostra (após a seqüência de extração); PI = peso inicial da amostra (2g a.s).

Quantificação de lignina solúvel e insolúvel

Para a quantificação do teor de lignina solúvel e insolúvel, foi utilizado o método da Mini-amostra de determinação do teor de lignina solúvel e insolúvel Klason ou Mini-amostra, com serragem de madeira livre de extrativos. O teor de lignina insolúvel (Klason) foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Gomide e Demuner (1986) e o teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por espectrofotometria, tendo sido utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi considerada a soma da lignina solúvel e insolúvel.

Massa específica básica

A massa específica da madeira foi determinada conforme metodologia usada por Vital (1984), obtida pela razão entre a massa seca e o volume verde de duas cunhas opostas extraídas de dois discos

removidos a 1,30 m e 2,80 m ao longo da tora de 7,0 m.

$$DB = M / V$$

Em que: DB = massa específica em g/cm³; M = massa seca em g; V = volume verde em cm³.

Morfologia das fibras

O estudo anatômico foi realizado através de análise microscópica das espécies em questão, com a finalidade de se relacionar as dimensões das fibras com a cor da madeira. As amostras foram retiradas do mesmo disco para as análises químicas.

As fibras foram mensuradas em material dissociado através do processo de maceração. As medidas obtidas foram comprimento, largura, diâmetro do lúmen, totalizando 30 medições para cada variável; a espessura da parede celular foi calculada pela expressão $EP = (L-DL)/2$, onde L significa a largura das fibras e DL o diâmetro do lúmen.

Medição Colorimétrica

Em todas as toras, foram retiradas quatro amostras radiais (cerne/medula, cerne interno, cerne externo e albúrnio) em duas posições longitudinais (a 1,30m e a 2,80 m de altura). Os corpos-de-prova apresentaram as dimensões 15,0x5,0x1,5 cm (comprimento, largura e espessura respectivamente), sendo posteriormente lixados em apenas uma face, com lixa nº120, e armazenados fora do contato com a luz, até chegar à umidade de equilíbrio (em torno de 12-15%).

As medições de cor foram realizadas no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) - IBAMA - localizado em Brasília – DF. Na caracterização da cor propriamente dita, foi utilizado um espectrofotômetro Datacolor Microflash 200d, acoplado a um microcomputador (Data Color, 1996). Esse tipo de espectrofotômetro fez uma varredura na superfície do corpo de prova, de onde foram obtidos os parâmetros de cor da madeira. Para cada amostra, foram tomadas 12 medidas. Os parâmetros colorimétricos determinados foram claridade (L*), coordenada a* (coordenada vermelho-verde), coordenada b* (coordenada azul-amarelo), saturação (C*) e ângulo de tonalidade (h). O tipo de iluminante utilizado foi o da luz difusa (D65) e o ângulo de observação 10°.

As análises de correlação foram efetuadas para verificar se nos diferentes materiais genéticos existe relação entre os parâmetros da cor, com as características das fibras, componentes químicos e massa específica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A massa específica, a composição química e as dimensões das fibras das madeiras estudadas comportam-se de forma diferentes, em função do clone, da posição de amostragem e até mesmo sofrendo influência da interação entre estes dois parâmetros. A Tabela 1 apresenta o resumo das análises de variância executadas para todas as características das madeiras estudadas.

Nota-se, pela análise de variância (Tabela 1), que o efeito do clone, da posição longitudinal e da interação da posição longitudinal e clone são significativos para a massa específica da madeira. A interação significativa indica que o efeito de clone é dependente da posição longitudinal e vice-versa. Observando-se a Tabela 1, verifica-se que o efeito de clone e posição longitudinal foram significativos para os extrativos. A interação clone x posição longitudinal não foi significativa. Comparando-se as posições longitudinais de forma isolada, percebe-se que a base possui maior quantidade desse tipo de extrativo (5,91%), enquanto no topo essa quantidade apresenta-se menor (4,69%). O maior teor de polifenóis na base, possivelmente se deve à maior extensão de cerne nessa posição. É conhecido que o cerne concentra maior quantidade de extrativos (Kollmann e Côté, 1968). Vários autores (Hon, 1975); Desh e Dinwoodie (1993) relatam que a definição da cor na madeira é fortemente influenciada pela quantidade de extrativos presentes no cerne, onde os componentes fenólicos desempenham importante papel (Scalbert *et al.*, 1987; Janin *et al.*, 1990a). Quanto à lignina, observando-se a Tabela 1, nota-se que as médias de lignina total, lignina solúvel e lignina insolúvel são diferentes entre os clones, mas não variam entre as duas posições longitudinais estudadas. A interação clone x posição longitudinal também não foi significativa para essas características.

TABELA 1: Resumo das análises de variância para massa específica (DB), composição química (polifenóis - PF; lignina solúvel - LS; lignina insolúvel- LI; lignina total - LT) e morfologia das fibras (comprimento das fibras - CF; largura das fibras - LF; diâmetro dos lumens - DL; espessura da parede celular - EP), em função de clone (C), posição longitudinal de amostragem (PL) e interação CxPL.

TABLE 1: Summary of the analyses of variance for specific mass (DB), chemical composition (polyphenols - PF; lignin solubility - LS; lignin insoluble - LI; lignin total - LT) and morphology of fibres (length of staple fibres - CF; width of staple fibres - LF; diameter of lumens - DL; thickness of the cellular wall - EP), in function of clone (C), longitudinal position of sampling (PL) and interaction CxPL.

Quadrado Médio										
FV	GL	DB (g/cm ³)	PF (%)	LS (%)	LI (%)	LT (%)	CF (mm)	LF (mm)	DL (mm)	EP (mm)
C	10	0,0072*	23,18*	1,81*	16,44*	18,36*	0,021*	13x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁵ *	2x10 ⁻⁵ *
PL	1	0,0017*	24,57*	0,25	0,42	0,021	0,049*	1,8x10 ⁻⁷	7,33x10 ⁻⁸	1,75x10 ⁻⁷
CxPL	10	0,0006*	1,81	0,06	2,19	2,20	0,005	5x10 ⁻⁵	9,99x10 ⁻⁷	7,48x10 ⁻⁷
Erro	44	0,0001	1,69	0,10	2,24	2,29	0,007	7x10 ⁻⁵	2x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁵
Total	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV(%)	-	2,28	24,55	12,00	5,22	4,82	8,77	14,27	14,25	22,78

Em que: * = significativo em nível de 5% de probabilidade; FV: Fonte de variação; CV: Coeficiente de Variação.

Pela análise de variância (Tabela 1) pode-se observar que o efeito do clone foi significativo para as dimensões das fibras, exceto para sua largura. Para o comprimento das fibras, o efeito da posição longitudinal foi significativo. Na posição base, as fibras possuem um comprimento médio de 956,3 µm, que foi menor que as fibras na posição topo, o qual apresenta fibras de comprimento médio de 1010,9 µm. A largura das fibras não apresenta efeito significativo, tanto para clones como posição longitudinal e interação clone x posição longitudinal.

Os valores médios e os resultados do teste de Tukey de comparação múltipla em nível de 5% de probabilidade, para cada característica avaliada nas madeiras dos clones estudados, encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2: Posição longitudinal (PL); massa específica (DB), composição química (polifenóis- PF; lignina solúvel - LS; lignina insolúvel - LI; lignina total - LT) e morfologia das fibras (comprimento das fibras - CF; largura das fibras - LF; diâmetro dos lumens - DL; espessura da parede celular- EP) em função dos clones e das posições longitudinais de amostragem no tronco.

TABLE 2: Clone (C); Longitudinal position (PL); specific mass (DB), chemical composition (polyphenols- PF; lignin solubility - LS; lignin insoluble - LI; lignin total - LT) and morphology of fibres (length of staple fibres - CF; width of staple fibres - LF; diameter of lumens - DL; thickness of the cellular wall - EP), in function of clone and of the longitudinal positions of sampling in the trunk.

C	PL	DB (g/cm ³)	Composição química (%)				Morfologia das fibras (mm)			
			PF	LS	LI	LT	CF	LF	DL	EP
1	Base	0,499	3,93	3,43	27,66	31,95	0,9420	0,0177	0,0077	0,0050
	Topo	0,491	4,07	3,69	27,11	29,94	0,9904	0,0186	0,0082	0,0052
	Média	0,495b	3,99ab	3,56f	27,39ab	30,94abcd	0,9616ab	0,0182ab	0,0079a	0,0051a
2	Base	0,488	5,94	2,52	28,91	32,20	0,9474	0,0196	0,0104	0,0045
	Topo	0,514	5,55	2,78	28,52	30,52	0,9300	0,0195	0,0099	0,0048
	Média	0,501b	5,74bc	2,64bcd	28,71abc	31,36abcd	0,9316ab	0,0196b	0,0102a	0,0047a
3	Base	0,536	8,14	2,08	30,87	33,29	0,9813	0,0190	0,0095	0,0047
	Topo	0,542	6,42	2,26	31,69	33,61	1,0836	0,0195	0,0105	0,0044
	Média	0,539c	7,27c	2,17ab	31,28c	33,45de	1,0267ab	0,0193ab	0,0100a	0,0046a

Continua ...

TABELA 2: Continuação ...

TABLE 2: Continued ...

C	PL	DB (g/cm ³)	Composição química (%)				Morfologia das fibras (mm)			
			PF	LS	LI	LT	CF	LF	DL	EP
4	Base	0,550	11,18	2,46	27,88	30,6	0,8439	0,0168	0,0088	0,0039
	Topo	0,541	8,95	2,40	27,67	31,07	0,6666	0,0114	0,0060	0,0026
	Média	0,545c	10,06d	2,43abc	27,77ab	30,21abc	0,8800a	0,0141a	0,0087a	0,0033a
5	Base	0,537	6,38	2,99	29,57	32,71	1,0216	0,0173	0,0091	0,0041
	Topo	0,546	4,26	3,59	29,36	34,68	1,0786	0,0176	0,0090	0,0042
	Média	0,542c	5,32abc	3,29def	29,46bc	32,76cde	1,0445ab	0,0175ab	0,0091a	0,0041a
6	Base	0,564	6,39	2,36	28,55	31,08	0,9288	0,0180	0,0088	0,0046
	Topo	0,531	4,68	2,41	29,59	33,03	0,9671	0,0181	0,0078	0,0051
	Média	0,548c	5,54abc	2,38abc	29,07abc	31,45abcd	0,9433ab	0,0181ab	0,0083a	0,0049a
7	Base	0,538	4,19	2,94	25,99	30,53	1,0120	0,0171	0,0085	0,0042
	Topo	0,541	2,97	2,78	27,38	29,91	1,0265	0,0172	0,0087	0,0042
	Média	0,539c	3,58ab	2,86cde	26,69ab	29,55ab	1,0133ab	0,0171ab	0,0086a	0,0035a
8	Base	0,457	3,75	1,96	30,99	32,63	0,8862	0,0176	0,0087	0,0044
	Topo	0,441	2,60	1,95	27,76	30,02	1,0230	0,0175	0,0078	0,0048
	Média	0,449a	3,17a	1,95a	29,37bc	31,33abcd	0,9583ab	0,0176ab	0,0083a	0,0046a
9	Base	0,571	5,57	2,27	26,41	29,46	0,6516	0,0171	0,0085	0,0043
	Topo	0,547	3,07	2,41	26,04	27,66	1,0100	0,0177	0,0077	0,0049
	Média	0,559c	4,32ab	2,33abc	26,22a	28,56a	0,9767ab	0,0174ab	0,0081a	0,0047a
10	Base	0,564	3,46	3,15	28,62	32,27	1,0273	0,0183	0,0089	0,0046
	Topo	0,546	4,57	3,26	28,80	31,55	1,1648	0,0197	0,0103	0,0047
	Média	0,555c	4,01ab	3,20def	28,71abc	31,91bcde	1,0917b	0,0190ab	0,0096a	0,0046a
11	Base	0,586	6,11	3,44	31,42	36,22	1,0395	0,0175	0,0086	0,0044
	Topo	0,539	4,46	3,44	31,20	33,29	0,9740	0,0185	0,0096	0,0044
	Média	0,563c	5,28abc	3,44ef	31,31c	34,75e	1,0017ab	0,0180ab	0,0091a	0,0044a

Médias seguidas de uma mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Massa Específica

A massa específica do material genético estudado está variando de 0,449 g/cm³, para o clone 8, a 0,563 g/cm³, para o clone 11 (Tabela 2). Pela Tabela 2, nota-se que as médias de densidade básica dos clones, seguidas pela mesma letra, são estatisticamente iguais. Isso permitiu agrupar os clones em três classes de densidade: maior densidade (clones 3, 7, 5, 4, 6, 9, 10 e 11), densidade média (1 e 2) e densidade menor (clone 8). A interação estatisticamente significativa de clone e posição de amostragem expressa que o comportamento da massa específica apresentada por um clone pode não ser o mesmo em outro. De fato, pela Tabela 2, observa-se que a maior densidade foi encontrada, ora na base e ora no topo das toras, dependendo do clone em consideração. O clone 2 foi o único que apresentou densidade básica estatisticamente maior no topo do que na base; os clones 6, 9 e 11 apresentaram um comportamento significativo, mas com tendência de comportamento inversa à mostrada pelo clone 2. Os demais clones não apresentaram diferenças na densidade básica entre as duas posições. Os valores aqui encontrados estão de acordo com Souza (2002), que, trabalhando com clones de eucaliptos, encontrou valores de densidade básica semelhantes (0,508 a 0,594 g/cm³). Lima *et al.* (2000) também encontraram valores semelhantes para clones de *Eucalyptus* (variação entre 0,420 a 0,560 g/cm³).

Composição química

Polifenóis

Pela Tabela 2, ao defrontar-se com o teste de Tukey, nota-se que os clones podem ser agrupados na seguinte ordem crescente de teor de extrativos: clone 8 (3,17%); clones 7, 1, 10 e 9 (3,58, 3,99, 4,01 e 4,32% respectivamente); clones 11, 5 e 6 (5,28, 5,32 e 5,54% respectivamente); clone 2 (5,74%); clone 3 (7,27%) e clone 4 que foi o que apresentou maior quantidade de polifenóis (10,06%). Esses valores são comparáveis aos dados de Mori (1997), que encontrou uma quantidade de extrativos em água quente em

madeira de *Eucalyptus grandis* equivalente a 6,4% e em álcool/tolueno 8,7%. Sgarbi *et al.* (2000), estudando características químicas da madeira juvenil de híbridos de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*, verificaram que o teor de extrativos com álcool/tolueno variou de 7 a 12%. A maior quantidade de extrativos observada no clone 4 sugere que este clone possivelmente apresente coloração mais intensa. Isso não significa, entretanto, que essa relação é direta para todas as madeiras, uma vez que diferentes componentes fenólicos, com diferentes contribuições de pigmentos poderiam estar definindo as cores.

Lignina

Os clones apresentaram diferentes quantidades de lignina total entre si (Tabela 2), podendo ser organizados em cinco grupos de acordo com o teste de Tukey. Para essa característica, observa-se que o clone 11 apresentou o maior teor de lignina total (34,75 %) e o clone 9, o menor (28,56 %). Quanto à lignina solúvel, pode-se observar pela Tabela 2, que os clones podem ser organizados em seis grupos, onde o clone 1 apresentou o maior teor (3,56 %) e o clone 8, o menor (1,95 %). A lignina insolúvel também pode ser reunida em três grupos, conforme consta da Tabela 2. O clone 11 apresentou o maior teor de lignina insolúvel (31,31 %), enquanto o clone 9 apresentou o de menor teor de lignina insolúvel (26,22%).

Observa-se que os valores médios para a lignina solúvel, insolúvel e total estão de acordo com Souza (2002), que encontrou valores semelhantes com lignina insolúvel (23,2% a 29,6%), lignina solúvel (2,3%) e lignina total (28,4%) para clones de *Eucalyptus* spp. Trugilho *et al.* (1996) também encontraram valores semelhantes com *Eucalyptus saligna* e Sgarbi *et al.* (2000) encontraram um valor entre 19-24% para lignina total em *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*. Rowell (1990) relata que a alteração da cor da madeira pode ser decorrente da deterioração de seus elementos constitutivos, onde se destaca a lignina. É possível inferir de resultados do trabalho de Sternadt e Camargos (1991), que pesquisaram 62 madeiras da Amazônia expostas à luz solar, tiveram a saturação de suas cores alteradas, possivelmente devido à deterioração de polifenóis e, sobretudo, da lignina.

Morfologia das fibras

A Tabela 2 mostra que as fibras da madeira do clone 4 tiveram o menor comprimento (880 µm). Por outro lado, o clone de maior comprimento é o clone 10 (1091,7 µm). Para o diâmetro do lúmen e espessura da parede celular das fibras, apesar de apresentar diferença estatística significativa na análise de variância, o teste de médias revelou que todos os clones são iguais para este parâmetro. Isso, talvez se deve à pequena sensibilidade do teste de Tukey.

Os resultados do presente trabalho estão em concordância com Barrichelo e Brito (1976), que verificaram em espécies do gênero *Eucalyptus*, comprimento de fibra variando de 750 µm a 1.300 µm, espessura de parede celular da fibra entre 2,5 e 6,0 µm, largura das fibras de 12 a 20 µm e diâmetro do lúmen entre 6,0 a 10 µm, não verificando tendência de variação destes parâmetros de dimensão das fibras dentro da árvore. De acordo com Macedo (2002), a claridade da madeira de *Eucalyptus grandis* diminui no sentido medula casca, à medida que o comprimento das fibras e a espessura da parede celular aumentam.

Associações dos parâmetros colorimétricos com outras características da madeira

A Tabela 3 apresenta os valores das correlações (Pearson) dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C^* e h) das madeiras dos diferentes clones com as características da madeira (variáveis: dimensão das fibras, componentes químicos e massa específica).

Observando-se a Tabela 3, nota-se que, para os clones estudados, a densidade básica não apresentou correlação significativa com os parâmetros colorimétricos, mostrando que esta característica não influencia na cor da madeira.

A coordenada a^* (vermelho) correlacionou-se de forma positiva e significativa, em nível de 5% de probabilidade, com o comprimento da fibra. A coordenada b^* (amarelo) e saturação (C^*) se correlacionaram de forma negativa e significativa em nível de 1% de probabilidade com o comprimento. A largura da parede celular da fibra, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular não tiveram correlação significativa com os parâmetros colorimétricos.

Comparando-se os dados de fibras com os dados de Macedo (2002) que em seu trabalho estudou *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, nota-se que há uma semelhança, o que vem a confirmar os resultados obtidos neste trabalho na correlação com as dimensões das fibras. A autora encontrou correlação negativa do diâmetro das fibras com a coordenada b* (amarelo) e a saturação C*, obtendo correlação negativa com o ângulo de tonalidade (h) com o comprimento da fibra, e ainda afirma que a pigmentação vermelha tende a aumentar, à medida que a espessura da parede celular aumenta, o que pode ser comprovado pela correlação positiva da coordenada a* com comprimento e espessura da parede celular das fibras.

TABELA 3: Coeficiente de correlações de Pearson entre os parâmetros colorimétricos e as características da madeira.

TABLE 3: Coefficient of correlations of Pearson between the colorimetrics parameters and the characteristics of the wood.

Variável	L*	a*	b*	C*	h
Massa específica	-0,0667	-0,1978	0,1265	-0,0010	0,2836
Comprimento da fibra	0,2567	-0,3791*	-0,4037**	-0,4296**	0,2542
Largura da fibra	-0,1172	0,0408	-0,0445	-0,0140	-0,0720
Diâmetro do lúmen	0,0274	0,0667	-0,0186	0,0188	-0,0898
Espessura da parede	0,1075	-0,0141	-0,0334	-0,0328	-0,0002
Lignina insolúvel	0,0437	0,1758	0,0675	0,1128	-0,2111
Lignina solúvel	0,5339**	-0,4653**	-0,2998*	-0,3949	0,4150**
Lignina total	0,2057	0,0258	-0,0273	-0,0130	-0,0752
Polifenóis	-0,3487*	0,5478**	0,6709**	0,6839**	-0,3436*

Em que: * = significativo a 5% pelo teste de F; ** = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

A lignina insolúvel e a lignina total não apresentaram correlação significativa com os parâmetros estudados. Entretanto, a lignina solúvel obteve correlação negativa e significativa, em nível de 5% de probabilidade, com a coordenada b* (amarelo) e positiva e significativa, em nível de 1% de probabilidade, com o parâmetro L* (claridade) e h (ângulo de tonalidade). Isso significa que a lignina solúvel pode afetar a cor da madeira tornando-a avermelhada, à medida que seu teor diminui, podendo diminuir a claridade e a tonalidade, à medida que seu teor aumenta ou diminui numa espécie.

O polifenol foi característica dos componentes químicos da madeira que melhor se correlaciona com os parâmetros da cor da madeira, pois apresenta os maiores valores de correlação com as características estudadas. O teor de polifenóis apresenta correlação positiva e significativa, em nível de 1% de probabilidade, com os parâmetros a*, b* e C*, além da correlação negativa e significativa ao nível de 5% de probabilidade, para a claridade (L*) e h (ângulo de tonalidade). À medida que o teor de polifenóis aumenta na madeira, provavelmente a cor avermelhada também irá aumentar, provocando seu escurecimento.

Pelos dados da Tabela 3, verifica-se que o teor de lignina afeta bem menos os parâmetros de cor do que o teor de polifenóis presentes na madeira, os quais, por sua vez, caracterizam-se como os principais responsáveis pela pigmentação da madeira.

Ainda com relação à lignina, pode não ser o teor o mais importante na comparação com os parâmetros e, sim, o tipo de polímero. Como no caso do gênero *Eucalyptus*, o tipo de polímero não deve variar muito, e a sua influência na variação da cor pode estar sendo mascarada. Daí o teor de polifenóis ter apresentado melhor relação com os parâmetros da cor, uma vez que a quantidade passa a ser mais significativa.

CONCLUSÕES

As madeiras dos clones estudadas apresentaram variações entre os clones para cada característica da madeira analisada: composição química, massa específica e dimensão das fibras.

Os polifenóis são elementos que apresentaram correlações mais marcantes com os parâmetros

colorimétricos influenciando a cor das madeiras estudadas. A lignina solúvel é o constituinte químico que apresenta uma correlação menor com a cor da madeira, assim como o comprimento das fibras.

Pode-se dizer que, de todas as características da madeira estudadas, a composição química da madeira é a que influencia diretamente na cor da madeira dos eucaliptos estudados, e quanto maior a sua quantidade maior a sua coloração, fato este que pode ser comprovado pela elevada correlação de polifenóis, que são extrativos da madeira responsáveis pela sua cor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel**. Brasília: PRODEPEF – Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal, 1976. 145 p
- BARROS, J. F. M. Desdobro e caracterização tecnológica das madeiras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell para a indústria moveleira. 54p. 2002 Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- CHANG, S. T.; HON, D. N. S.; FEIST, W. C. Photodegeneration and photoprotection of wood surfaces. **Wood and Fiber**, Madison, v. 14, n. 2, p. 104-117, 1982.
- DATA COLOR. **Spectrometer microflash system**. [S.l. : CIELAB], 1996.
- DESCH, H. E.; DINWOODIE, J. M. **Timber : its structure, properties and utilisation**. 6. ed. London: McMillan, 1993. 410 p.
- MACGINNES, E. A.; PHELPS, J. E. Growth-quality evaluation of black walnut wood. Part III: na anatomical study of color characteristics of balck walnut veneer. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 15, n. 3, p. 212-218, 1983.
- GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reations**. New York: John Willey & Sons, 1971. p. 241-226.
- GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, ago. 1986.
- GONÇALEZ, J. C. Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la Forest Amazonienne: anatomia, chimie, couleur, propriétés physiques e mécaniques. 1993. 445 p. Thèse (Doctorat) - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Université de Nancy I, Nancy, 1993.
- HITTLER, C. R.; FREESE, F.; SMITH, D. M. Relationships in black walnut heardwood between color and other physical and anatomical characteristes. **Wood and Fiber Science**, Madions, v. 4, n. 1, p. 38-42, 1972.
- HON, N. S. Formation of free radicals in photoirradiated cellulose - VI: effect of lignin. **Journal of Science Polymer Chemistry**, New York, n. 12, p. 2641-2652, 1975.
- HON, D. N. S.; CHANG, S. T. Photoprotection of wood surfaces by wood-ion complexes. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 17, n. 1, p. 92-100, 1985
- JANIN, G.; KLUMPERS, J.; MAZET, J. F. Etude de l'évolution de la couleur du bois de couer des chenes en fonction de l'age e evaluation de leur contenu polyphenoplique. In: COLLOQUE "SCIENCES ET INDUSTRIES DU BOIS", 3., Arbora, 1990. [**Anais...**] Arbora, 1990a.
- JANIN, G.; MAZET, J. F.; FLOT, J. L. et al. Couleur et qualité du bois de chêne de tranchage: chêne sessile, chêne pédonculé e chêne rouge. **Revue Forestière Française**, Nancy, v. 2, n. 42, p. 134-139, 1990b.
- KOLLMANN, F.F.P. ; CÔTÉ JR, W.A. **Principles of wood science and technology: solid wood**. Berlim, Springer-Verlag, 1968. 592 p.
- LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Genotype-enviroment interaction in wood basic density of Eucalyptus clones. **Wood Science and Tecnology**, New York, v. 34, n. 3, p. 197-206, Oct. 2000
- MACEDO, D. G. Aspecto Mercadológico da Madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* para a Indústria Moveleira. 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002.
- MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira**: informações sobre 90 espécies comerciais. Manaus: SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000. 212 p.
- MICHOT, S. **Classification subjective des parquets de chêne**: rapport de stage. Epinal: Université de Nancy I, 1994. 48 p.

- MORI, F. A. **Uso de Taninos da Casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos.** 1997. 47 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- MUÑIZ, G. I. B. Fatores que limitam a utilização da madeira de *Eucalyptus*. In: SEMINARIO SOLIDOS DE EUCALIPTO, Lavras, 2002. **Avanços Científicos e Tecnológicos....** Lavras: UFLA, 2002. p. 30-63.
- ROWELL, R. M. Chemical modification of wood: it's application to composite products. **FRI Bulletin**, Bogor, n. 153, p. 57-67, 1990.
- SCALBERT, A.; MONTIES, B.; JANIN, G. Comparaison de méthodes de dosage des tannins: application à des bois de différentes espèces. In: COLLOQUE "SCIENCES ET INDUSTRIES DU BOIS", 2., Nancy, 1987. [**Anais...**] Nancy, 1987.
- SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Características químicas e físicas e dimensões das fibras da madeira juvenil do híbrido de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, cultivado na omissão de macronutrientes e boro em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 323-331, jul./set. 2000.
- SOUZA, M. A. M. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*.** 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG., 2002.
- STANAZIOLA, R. **Colorimetry and the calculation of color difference.** São Paulo: Superlab, 1986. 27p.
- STERNADT, G. H.; CAMARGOS, J. A. **Ação da luz solar na cor de 62 espécies de madeiras da Região Amazônica.** Brasília: IBAMA, 1991. 14 p. (LPF. Série técnica, 22).
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-11, 1996.
- TSOUMIS, G. **Wood as raw material.** Nancy, 1968. 276 p.
- WEBB, D. A.; SULLIVAN, J. D. Surface effect of light and water on wood. **Forest Products Journal**, Madinson, v. 14, p. 531-534, 1964
- VITAL, B. R. **Métodos de determinação de densidade da madeira.** Viçosa: UFV, 1984. (Sociedade de Investigações Florestais, 1).