

# ANÁLISIS COLORIMÉTRICO DEL EXTRACTO ACUOSO DE HOJAS DE TECA<sup>1</sup>

Zaíra Morais dos Santos Hurtado de Mendoza<sup>2</sup> e Pedro Hurtado de Mendoza Borges<sup>3</sup>

**RESUMEN** – El estudio tuvo como objetivo una evaluación colorimétrica del extracto acuoso de hojas de la base y del ápice de árboles de teca, provenientes de repoblación forestal en Mato Grosso. Los parámetros utilizados en el sistema CieLab fueron determinados por el colorímetro MINOLTA, modelo CR400. Los extractos acuosos fueron mantenidos a una tasa de calentamiento de 100 °C por el tiempo de 1 y 2 horas separadamente. En el análisis de los datos se adoptó el delineamiento enteramente casualizado (DEC), con 6 repeticiones, en el esquema de parcelas subdivididas. En este caso se consideró como factor principal la posición de la hoja en la copa del árbol y el tiempo de calentamiento como secundario. La luminosidad no presentó diferencias significativas, en función de los factores evaluados. Se observó una pérdida en la pigmentación amarilla de la base para el ápice. Así, se verificó el color amarillo anaranjado en la base y rojo anaranjado en el ápice. Se concluyó que tanto la posición de la hoja en la copa del árbol, cuanto el tiempo de calentamiento influyeron en la coloración de los extractos, siendo 1 hora suficiente para la obtención de los colorantes, independientemente de la posición en la copa.

Palabras-clave: Colorante natural; Coordenada colorimétrica; Sistema CieLab.

## *ANÁLISE COLORIMÉTRICA DO EXTRATO AQUOSO DE FOLHAS DE TECA*

**RESUMO** – Este estudo objetivou a avaliação colorimétrica do extrato aquoso das folhas da base e do ápice de árvores de teca, provenientes de reflorestamento no Estado de Mato Grosso. Os parâmetros utilizados no sistema CieLab foram determinados pelo colorímetro MINOLTA, modelo CR400 e os extratos aquosos, mantidos a uma taxa de aquecimento de 100 °C pelo tempo de 1 e 2 h, separadamente. Na análise dos dados, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições, no esquema de parcelas subdivididas. Neste caso, considerou-se como fator principal a posição da folha na copa da árvore e o tempo de aquecimento como secundário. A luminância não apresentou diferenças significativas em função dos fatores avaliados. Observou-se perda na pigmentação amarela da base para o ápice. Assim, verificou-se a cor amarelo-laranja na base e vermelho-laranja no ápice. Concluiu-se que tanto a posição da folha na copa da árvore quanto o tempo de aquecimento influenciaram na coloração dos extratos, sendo 1 h suficiente para obtenção dos corantes, independentemente da posição da folha na copa.

Palavras-chave: Corante natural; Coordenada colorimétrica; Sistema CieLab.

---

<sup>1</sup> Recebido em 17.12.2013 aceito para publicação em 07.07.2015.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Cuiabá, MT - Brasil. E-mail: <zaira@ufmt.br>.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/D SER, Cuiabá, MT - Brasil. E-mail: <pborges@ufmt.br>.



## 1. INTRODUCCIÓN

Conforme González et al. (2001) para la medición y cuantificación del color, el sistema más utilizado es el CIE (“Comisión Internacional de L’Eclairage” o Comisión Internacional de Iluminantes), que define la sensación del color por medio de tres elementos: la luminosidad o brillo, la tonalidad o matiz y la saturación o cromaticidad. En 1976, esta comisión creó un sistema conocido como CIELAB. En este sistema el color es localizado en un sólido tridimensional y su cuantificación se realiza utilizando expresiones matemáticas. La referida cuantificación con base en un sistema colorimétrico auxilia en la interpretación, normalizando los resultados, pues la percepción humana del color puede ser diferente de acuerdo con lo que cada individuo observa.

Desde los tiempos remotos el color fascina la humanidad y de cierta forma, estimula la sobrevivencia del hombre en la tierra, inclusive influyendo su cotidiano. Además del valor estético, los colores también tienen importancia económica en la comercialización de los productos, siendo plausibles a sus modificaciones en la tonalidad, conforme el interés de los fabricantes. Los colorantes naturales fueron los pioneros en el arte de colorir, sin embargo su poder de tintura y durabilidad pueden ser alterados, por causa de algunas reacciones químicas inherentes al proceso. Debido a eso y a la dificultad de conseguir grande cantidad de colorantes naturales, la ciencia desarrolló los artificiales, ampliamente utilizados en la industria textil (SILVA, 2007).

De acuerdo con Rossi y Brito (2007) la aplicación mayoritaria de los colorantes naturales es para la tintura de géneros alimenticios y cosméticos, siendo estos seleccionados con mucho rigor debido a las normas de seguridad en relación a datos toxicológicos y farmacológicos. Los colorantes naturales pueden venir de minerales, vegetales y animales, por tanto, los pigmentos encontrados en hojas, cáscaras, raíces, flores, frutos y madera pueden ser fuentes inagotables para su producción.

En el caso especial de Brasil, los colorantes naturales tienen importante relación con su historia, comenzando por el nombre del país, proveniente de la madera de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata*), valiosa fuente de tintura roja en el siglo XVI para la corona portuguesa. Aunque está siendo explorada de forma predatoria, su biodiversidad es muy grande, lo que proporciona soporte para estudiarla de la mejor forma posible. Dentro

de la muchas especies forestales crescendo en suelo brasileño, se tiene la *Tectona grandis* (teca) que es un árbol, nativo de la Asia e introducido en Brasil para la extracción de madera.

La teca ha sido estudiada por diversos autores, pues posee un alto valor económico, famosa por su belleza, resistencia y durabilidad (TSUKAMOTO FILHO et al., 2003; ALCÂNTARA; VEASEY, 2013). Sin embargo, en el campo se verifica que sus hojas liberan sustancias colorantes, que son bastante utilizadas en su región de origen para teñir pieles y ropas. Este colorante es un producto forestal no maderero que puede ser explorado como fuente de renta para el sector, aumentando de esta forma, el lucro de la reforestación con esa especie. Esta problemática motivó el presente trabajo, que tiene por finalidad definir cuantitativamente la coloración de extractos acuosos de hojas de teca, objetivándose la producción de colorante natural, con las hojas de esta especie.

## 2. MATERIALES Y METODOS

En este estudio fueron utilizadas hojas de teca (*Tectona grandis* L. f), colectadas manualmente de 18 (dieciocho) árboles de un plantío homogéneo con 15 años de edad en el espaciamiento de 3 por 2 m, localizado en la Estación Experimental de la Universidad Federal de Mato Grosso (UFMT). La Estación se encuentra en el municipio de Santo Antonio de Leverger-MT, definido por las coordenadas geográficas de latitud 15,8° Sur y longitud 56,2° Oeste de Greenwich con altitud de 140 m. Según la clasificación de Köppen, el clima de la región es Aw, con temperatura media mensual variando de 22 a 27°C y precipitación media anual próxima de 1.300 mm.

Para la determinación del color fue utilizado un colorímetro, modelo MINOLTA CR400, el cual generó todas las informaciones cuantitativas del sistema CIELAB (MINOLTA, 2006). De acuerdo con este sistema, los colores son definidos por la luminosidad – L\* (Variación del negro total, valor 0 al blanco absoluto, valor 1), por la coordenada “a\*” (Variación del verde, valor negativo al rojo, valor positivo) y por la coordenada “b\*” (Variación del azul, valor negativo al amarillo, valor positivo). Estas coordenadas se obtienen por medio de lectura directa en el equipo. También, opcionalmente aplicándose ecuaciones, este sistema permite cuantificar el color con base en las coordenadas

definidas por la luminosidad ( $L^*$ ), tonalidad ( $h^*$ ) y saturación ( $C$ ).

La colecta se realizó en el mes de octubre, cuando había pasado la época de caída de las hojas y las copas de los árboles estaban bien formadas. Los 18 árboles fueron seleccionados al azar y de cada uno se retiraron aleatoriamente 8 hojas, siendo que 4 se encontraban en la base de la copa (primeros verticilos – inicio de la copa) y 4 en el ápice (últimos verticilos – final de la copa), totalizando 144 hojas. El material fue almacenado en sacos plásticos y salpicados con agua para evitar la pérdida de humedad, identificado y llevado al laboratorio, donde se retiraron y descartaron las partes dañificadas por ataque de insectos, hongos y resecamiento.

Las hojas fueron agrupadas en pares, manteniendo siempre la localización original en la copa del árbol. Así, se obtuvieron 4 (cuatro) representaciones por árbol (2 de la base y 2 de la copa), totalizando 72 muestras compuestas, siendo que 36 provenientes de la base y 36 del ápice. El material de las muestras compuestas fue cortado en cuadrados con área aproximada de 4 cm<sup>2</sup> y después homogenizado, retirándose solamente 200 g de hojas que fueron utilizados para preparar el extracto acuoso con factor de dilución 1 para 5.

Los 36 extractos acuosos correspondientes a cada parte de la copa fueron separados en 2 grupos de 18, siendo que los tiempos de calentamiento con reflujo a una temperatura de 100 °C fueron de 1 hora para el primero y de 2 horas para el segundo. Luego, los extractos se filtraron por gravedad y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. En la secuencia, de cada filtrado se retiró un volumen de solución de 300 mL para el análisis colorimétrico cuantitativo.

Inicialmente se calibró el colorímetro en superficie blanca, de acuerdo con padrones establecidos (BIBLE; SINGHA, 1993). Las variables colorimétricas obtenidas directamente en el sistema CIELAB fueron luminosidad ( $L^*$ ), coordenada del eje verde-rojo ( $a^*$ ) y coordenada del eje azul-amarillo ( $b^*$ ). Los parámetros saturación ( $C$ ) y ángulo de tinta ( $h^*$ ) se determinaron de acuerdo con el procedimiento propuesto por Gonçalves (1993), definido por las ecuaciones siguientes:

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h^* = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

En que,

$C$ : Saturación;

$h^*$ : Ángulo de tinta (°);

$a^*$ : Coordenada colorimétrica del eje verde al rojo;

$b^*$ : Coordenada colorimétrica del eje azul al amarillo.

Para evaluar el grado de percepción en la coloración, se determinó la alteración entre los extractos acuosos provenientes de hojas del ápice y de la base, bien como la diferencia correspondiente a los tratados durante 1 y 2 horas. Esa alteración se estimó con base en la ecuación del sistema CIELAB adoptada por diversos autores (CHANG; CHANG, 2001; MITSUI, 2004; MITSUI; TSUCHIKAWA, 2005; SILVA et al., 2007; GRIEBELER, 2013; LIMA et al., 2013), definida por:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

En que:

$\Delta E$ : Variación o alteración total del color;

$\Delta L$ : Variación de luminosidad ( $L^*$ ) entre las mediciones;

$\Delta a^*$ : Variación del verde al rojo ( $a^*$ ) entre las mediciones;

$\Delta b^*$ : Variación del azul al amarillo ( $b^*$ ) entre las mediciones.

Para inferir sobre la variación total del color ( $\Delta E$ ), se utilizaron como referencia los criterios propuestos por Melchiades y Boschi (1999) y por Hikita et al. (2001). Conforme los primeros autores, si el referido valor es mayor que 1, la diferencia de coloración puede ser observada por el ojo humano, sin embargo para los segundos autores, la clasificación es de la forma siguiente:

- Despreciable:  $0,0 < \Delta E < 0,5$ ;
- Ligeramente perceptible:  $0,5 < \Delta E < 1,5$ ;
- Notable:  $1,5 < \Delta E < 3,0$ ;
- Apreciable:  $3,0 < \Delta E < 6,0$ ;
- Muy apreciable:  $6,0 < \Delta E < 12,0$ .

Para el análisis estadístico de los datos se adoptó el delineamiento enteramente casualizado con seis (6) repeticiones, siendo cada una proveniente de la media

de tres (3) árboles, en el esquema de parcelas subdivididas. La posición aérea de los verticilos foliares y el tiempo de extracción fueron considerados como tratamiento principal y secundario, respectivamente, teniendo cada uno dos niveles. Así, el análisis de variancia se constituyó con 24 observaciones experimentales del total de 72 extractos, procedentes de 18 árboles, 2 posiciones de los verticilos y 2 tiempos de calentamiento.

Inicialmente, se verificaron la normalidad de los residuos y la homogeneidad de variancia ( $p < 5\%$ ) de las variables colorimétricas, aplicándose las pruebas de Lilliefors y Kolmogorov Smirnov para la primera, mientras que la prueba de Cochran para la segunda. Cuando las presuposiciones del análisis de variancia no fueron satisfechas, los datos se transformaron y nuevamente sometidos a las pruebas anteriores. En la secuencia se realizó la ANOVA y las medias se compararon de acuerdo con las pruebas F (Fisher) y Tukey, respectivamente, adoptándose como nivel de significancia 5% de probabilidad ( $p < 5\%$ ). En los procedimientos estadísticos se utilizó el programa STATISTICA, versión 7.0.

### 3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta el resumen del análisis de variancia conforme la prueba F para los parámetros colorimétricos luminosidad (L\*), coordenada del verde al rojo (a\*), coordenada del azul al amarillo (b\*), ángulo de tinta (h\*) y saturación (C), en función de los factores posición de la hoja en la copa y tiempo de extracción.

Los valores medios de las variables luminosidad (L\*), coordenada del verde al rojo (a\*) y coordenada del azul al amarillo (b\*), de acuerdo con los niveles de cada factor, se encuentran en la Tabla 2. Además, esa Tabla contiene los respectivos coeficientes de variación y la media general de los referidos parámetros.

En la Tabla 3 se presentan los valores medios de las variables ángulo de tinta (h\*) y saturación (C), en función de la posición de la hoja en la copa y del tiempo de extracción. También, en esa Tabla se pueden observar los coeficientes de variación y la media general de los referidos parámetros colorimétricos.

Los indicadores para evaluar la percepción visual en la variación total del color entre los dos tiempos de extracción y entre las dos posiciones de las hojas en la copa, en función de los parámetros colorimétricos se pueden constatar en la Tabla 4.

### 4. DISCUSIÓN

Se verifica que, solamente la luminosidad no presentó diferencia estadística, considerándose esos factores y que el ángulo de tinta no fue influenciado significativamente por el tiempo de extracción (Tabla 1). En esta Tabla, también, se deduce que todas las variables colorimétricas mantuvieron el mismo comportamiento en los dos factores, es decir no hubo interacción entre las mencionadas fuentes de variación.

Se constata que ambas coordenadas colorimétricas tuvieron mayor variabilidad, considerándose la posición de la hoja en la copa, pues sus coeficientes de variación resultaron superiores al compararse con los correspondientes al factor tiempo de extracción (Tabla 2).

Conforme la Tabla 2, el aumento del tiempo de extracción originó una reducción significativa de las coordenadas cromáticas (a\* y b\*). Este resultado indica una pérdida en la coloración roja y amarilla, así como un oscurecimiento de los extractos. La disminución de esas coloraciones con el aumento del tiempo de extracción se debe probablemente a la reducción en la concentración de clorofila, aspecto observado por Schmalko y Alzamora (2001), Sinnecker et al. (2002),

**Tabla 1** – Resumen del análisis de variancia para los parámetros colorimétricos.

**Tabla 1** – Resumo da análise de variância para os parâmetros colorimétricos.

Fuentes de variación	Valores de F y significancia				
	L*	a*	b*	h*	C
Posición de la hoja en la copa	0,59 <sup>ns</sup>	41,63 <sup>**</sup>	7,31 <sup>*</sup>	27,39 <sup>**</sup>	15,01 <sup>**</sup>
Tiempo de extracción	1,71 <sup>ns</sup>	25,99 <sup>**</sup>	52,66 <sup>**</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	67,83 <sup>**</sup>
Interacción Posición y Tiempo	0,01 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>

Legenda: ns, No significativo.

\* y \*\* Significativo, respectivamente, a 5% y 1% de probabilidad.

**Tabla 2** – Valores medios y coeficientes de variación para la luminosidad y las coordenadas colorimétricas, en función de los factores estudiados.**Tabela 2** – Valores médios e coeficiente de variação para a luminosidade e as coordenadas colorimétricas, em função dos fatores estudados.

Luminosidad (L*)			
Tiempo de extracción(hora)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Base	Ápice	
1	25,40	25,99	<b>25,70</b>
2	24,59	25,10	<b>24,82</b>
Media	<b>25,00</b>	<b>25,54</b>	
	Media general de la variable		<b>25,27</b>
Coefficiente de variación(%)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Tiempo de extracción		<b>6,87</b>
			<b>6,33</b>
Luminosidad (L*)			
Coordenada del verde al rojo (a*)			
Tiempo de extracción(hora)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Saturación (C)		
	Posición de la hoja en la copa		
	Base	Ápice	
1	5,35	7,37	<b>6,36 a</b>
2	4,46	6,26	<b>5,36 b</b>
Media	<b>4,91 B</b>	<b>6,82 A</b>	
	Media general de la variable		<b>5,86</b>
Coefficiente de variación(%)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Tiempo de extracción		<b>12,37</b>
			<b>8,21</b>
Coordenada del azul al amarillo (b*)			
Tiempo de extracción(hora)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Saturación (C)		
	Posición de la hoja en la copa		
	Base	Ápice	
1	7,19	6,12	<b>6,66 a</b>
2	5,47	5,23	<b>5,31 b</b>
Media	<b>6,34 A</b>	<b>5,13 B</b>	
	Media general de la variable		<b>5,98</b>
Coefficiente de variación(%)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Tiempo de extracción		<b>10,81</b>
			<b>7,61</b>

Observación: Medias seguidas por letras iguales, mayúsculas en las líneas y minúsculas en las columnas, no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Cabral-Malheiros (2007) el Cabral-Malheiros et al. (2010). Luego, se puede inferir que para obtener tonos rojos y amarillos en los extractos acuosos, el referido tiempo no debe ultrapasar de una hora.

En este estudio con hojas de teca, el incremento del tiempo de extracción pudo contribuir para la formación de feofitina, proporcionando una pigmentación más oscura. Tendencia semejante fue verificada por Costa et al. (2011) al aumentar el tiempo de degradación durante la evaluación del color natural de dos especies de maderas

tropicales sometidas a la radiación ultravioleta. La transformación de clorofila en feofitina ha sido relatada por Steet y Tong (1996), Weemaes et al. (1999) y Koca et al. (2007). La referida degradación puede ocurrir para valores muy bajos de actividad del agua, pues el pH ácido de la mayoría de los vegetales favorece esa reacción (LAJOLO; LANFER MARQUEZ, 1982).

También, en la Tabla 2 se verifica una variación significativa de las coordenadas cromáticas (a\* y b\*) al comparar los extractos preparados con hojas

**Tabla 3** – Valores medios y coeficientes de variación para el ángulo de tinta y la saturación, en función de los factores estudiados.  
**Tabela 3** – Valores médios e coeficiente de variação do ângulo de tinta e da saturação, em função dos fatores estudados.

Ángulo de tinta (h)			
Tiempo de extracción(hora)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Base	Ápice	
1	53,37	39,70	<b>46,54 a</b>
2	50,92	39,39	<b>45,15 a</b>
Media	<b>52,15 A</b>	<b>39,55 B</b>	
	Media general de la variable		<b>45,85</b>
Coeficiente de variación(%)	Posición de la hoja en la copa		<b>12,86</b>
	Tiempo de extracción		<b>6,79</b>
Saturación (C)			
Tiempo de extracción(hora)	Posición de la hoja en la copa		Media
	Base	Ápice	
1	8,99	9,60	<b>9,29 a</b>
2	7,10	8,11	<b>7,61 b</b>
Media	<b>8,05 A</b>	<b>8,80 A</b>	
	Media general de la variable		<b>8,45</b>
Coeficiente de variación(%)	Posición de la hoja en la copa		<b>6,04</b>
	Tiempo de extracción		<b>5,94</b>

Observación: Medias seguidas por letras iguales, mayúsculas en las líneas y minúsculas en las columnas, no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

**Tabla 4** – Valores medios de las coordenadas colorimétricas para los niveles de cada factor evaluado, diferencias correspondientes y variación total del color.

**Tabela 4** – Valores médios das coordenadas colorimétricas dos níveis de cada fator avaliado, diferenças correspondentes e variação total da cor.

Factores evaluados	Niveles y diferencia	Coordenada colorimétrica			Variación total ( $\Delta E$ )
		L*	a*	b*	
Posición de la hoja	Base	25,00	4,91	6,34	2,11
	Ápice	25,54	6,82	5,13	
	$\Delta$	0,54	1,91	-0,71	
	$\Delta^2$	0,29	3,65	0,51	
Tiempo de extracción	1 hora	25,70	6,36	6,66	1,88
	2 horas	24,82	5,36	5,31	
	$\Delta$	-0,85	-1,00	-1,35	
	$\Delta^2$	0,73	1,00	1,82	

$\Delta$  y  $\Delta^2$ : Diferencia entre los dos niveles de cada factor y diferencia al cuadrado, respectivamente.

procedentes de las dos partes estudiadas, confirmándose una tonalidad más roja y menos amarilla en las hojas del ápice. Este resultado puede estar relacionado al estadio de desarrollo de las hojas en los árboles, pues las hojas más jóvenes están en plena actividad metabólica, produciendo muchos compuestos químicos cromóforos, responsables por la coloración de las plantas. Además, estas variaciones pueden estar relacionadas con la concentración de clorofila en la hoja y la subsecuente degradación en feofitina y otros compuestos químicos.

Los resultados de este trabajo concuerdan con los obtenidos por Gomes et al. (2011) al evaluar el estadio de desarrollo de las hojas de teca más favorable para la extracción de colorantes. Estos autores concluyeron que los extractos con hojas jóvenes presentaron los mejores resultados al ser analizados en espectrofotómetros. Bonora (2009), en su estudio sobre la influencia de la estacionalidad en el extracto elaborado con hojas de *Tectona grandis*, también observó que la época de colecta puede interferir en

sus colores, siendo que en el invierno la intensidad del rojo fue reducida al castaño.

Se confirma que el ángulo de tinta tuvo mayor variabilidad, considerándose la posición de la hoja en la copa, una vez que su coeficiente de variación resultó superior cuando comparado con el correspondiente al factor tiempo de extracción, sin embargo la saturación manifestó fluctuación semejante de acuerdo con esos factores (Tabla 3).

El tiempo de extracción no tuvo influencia en el ángulo de tinta, a pesar de su reducción de 46,54° para 45,15°, mas, la disminución del referido ángulo de 52,15° en la base para 39,55° en el ápice fue significativa (Tabla 3). Esto significa una pérdida en la pigmentación amarilla de la base para el ápice. Teniendo como referencia la escala propuesta por Meyer y Zollinger (1998), esas tonalidades corresponden al amarillo anaranjado en la base y al rojo anaranjado en el ápice. Sin embargo, el brillo en el color de los extractos disminuyó con el tiempo y también fue significativamente superior para las hojas del ápice, en relación a las de la base (Tabla 3).

La diferencia en la coloración de los extractos preparados con hojas de la base y del ápice, bien como la variación total del color entre 1 y 2 horas de cocimiento fueron mayores que 1 (Tabla 4). De acuerdo con el criterio propuesto por Melchiades y Boschi (1999), los referidos cambios son perceptibles por el ojo humano ( $\Delta E > 1,0$ ) o notables ( $1,5 < \Delta E < 3,0$ ), para el caso de adoptar la clasificación sugerida por Hikita et al. (2001).

El parámetro colorimétrico que representa la variación del verde al rojo ( $a^*$ ) facilitó la identificación visual de los extractos correspondientes a las hojas de la base y del ápice (Tabla 4). En esa Tabla, también se observa que la coordenada del eje azul al amarillo ( $b^*$ ) tuvo la mayor contribución para diferenciar los extractos con 1 y 2 horas de preparo. Luego, se puede afirmar que la posición de la hoja en la copa influyó principalmente los valores de la coordenada cromática que indica la variación del verde al rojo, mientras el tiempo de extracción el parámetro relacionado con la alteración del azul al amarillo. Este resultado corrobora la hipótesis de que las hojas de teca pueden ser una alternativa viable para la producción de colorantes naturales.

## 5. CONCLUSIÓN

Fue posible obtener extractos acuosos con hojas de teca de colores diferentes, de acuerdo con la posición en la copa y el tiempo de calentamiento. La posición de la hoja en la copa del árbol y el tiempo de calentamiento influyeron en la coloración de los extractos.

La coordenada colorimétrica del eje verde al rojo facilitó diferenciar los extractos de cada parte de la copa del árbol. El parámetro colorimétrico que indica la modificación del color azul al amarillo fue influenciado principalmente por el tiempo de calentamiento.

Las hojas de teca pueden ser una alternativa viable para la producción de colorantes naturales. El análisis colorimétrico puede ser un método rápido y eficiente para evaluar la diferencia de colores en extractos acuosos de vegetales.

## 6. REFERENCIAS

- ALCÂNTARA, B.K.; VEASEY, E.A. Genetic diversity of teak (*Tectona grandis* L. F.) from different provenances using microsatellite markers. *Revista Árvore*, v.37, n.4, p.747-758, 2013.
- BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. *Hortscience*, v.28, n.10, p.992-993, 1993.
- BONORA, F.S. **Estudo da influência da sazonalidade no extrato obtido das folhas de *Tectona grandis***. 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- CABRAL-MALHEIROS, G. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. 2007. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- CABRAL-MALHEIROS, G.; HECKTHEUER, L.H.R.; CANTO, M.W.; BALSAMO, G.M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. *Ciência Rural*, v.40, n.3, p.654-660, 2010.

- CHANG, H.T.; CHANG, S.T. Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and by indoor exposure. **Polymer Degradation and Stability**, n.72, p.361-365, 2001.
- COSTA, J.A.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A.; GOMES, I.A.S. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, v.17, n.1, p.133-139, 2011.
- GOMES, I.M.S.; SANTOS JÚNIOR, W.R.; ARRUDA, A.S. Análise de soluções para extração de corante de folhas de Teca em diferentes estágios de desenvolvimento. In: **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**-Centro Científico Conhecer, v.7, n.12, p.8, 2011.
- GONÇALEZ, J.C.; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; COSTA, A.F.; VALLE, A.T. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Brasil Florestal**, v.20, n.72, p.47-58, 2001.
- GRIEBELER, C.G.O. **Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden modificada termicamente**. 2013. 66f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e utilização de produtos florestais) – 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.
- KOCA, N.; KARADENIZ, F.; BURDURLU, H.S. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. **Food Chemistry**. v.100, n.2, p.609-615, 2007.
- LAJOLO, F.M.; LANFER MARQUEZ, U.M. Chlorophyll degradation in a spinach system at low and intermediate water activities. **Journal of Food Science**, v.47, n.6, p.1995-1998, 1982.
- LIMA, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; COSTA, T.R.V.; PEREIRA, R.S.; LIMA, J.B.M.; LIMA, M.S.A. Comportamento da cor de lâminas de madeira de pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) tratada com produtos de acabamento. **Revista Árvore**, v.37, n.2, p.377-384, 2013.
- MELCHIADES, F.G.; BOSCHI, A.O. Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v.4, p.11-18, 1999.
- MEYER, B.; ZOLLINGER, H.R. **Colorimetria**. [S.L.]: Clariant; 1998.
- MINOLTA CO. LTD. The essentials of imaging, **Manual guide**. Japan: 2006. p.18-21.
- MITSUI, K. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 2. Effect of light-irradiation time and wavelength. **Holz Roh Werkst**, v.62, p.23-30, 2004.
- MITSUI, K.; TSUCHIKAWA, S. Low atmospheric temperature dependence on photodegradation of wood. **Journal of Photochemistry and photobiology B: Biology**, v.81, p.84-88, 2005.
- ROSSI, T.; BRITO, J.O. **Pesquisa avalia os extrativos de madeira como fonte potencial de corantes naturais**. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2007. (IPEF Notícias, 184)
- SCHMALKO, M. E.; ALZAMORA, S. M. Color, chlorophyll, caffeine and water content variation during yerba-mate processing. **Drying Technology**, v.19, n.3, p.597-608, 2001.
- SILVA, J.O.; PASTORE, T.C.M.; PASTORE Jr., 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.
- SILVA, P.I. **Métodos de extração e caracterização de bixina e norbixina em sementes de urucum**. 2007. 127f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- SINNECKER, P.; GOMES, M.S.O.; ARÊAS, J.A.G.; LANFER-MARQUEZ, U.M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.14, p.3961-3966, 2002.

STEET, J.A.; TONG, C.H. Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. **Journal of Food Science**, v.61, n.5, p.924-931, 1996.

TSUKAMOTO FILHO, A.A.; SILVA, M.L.; COUTO, L.; MÜLLER, M.D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a

desbastes. **Revista Árvore**, v.27, n.4, p.487-494, 2003.

WEEMAES, C.A.; OOMS, V.; van LOEY, A.M.; HENDRICKX, M.E. Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.47, n.6, p.2404-2409, 1999.