



## ESTIMATIVA DEL CONTENIDO DE EXTRACTIVOS PARA LA MADERA DE TECA

MENDOZA, Zaíra Morais dos Santos Hurtado de<sup>1</sup>; BORGES, Pedro Hurtado de Mendoza<sup>2</sup>; ELIAS, Maísa Pavani dos Santos<sup>1</sup>; MORAIS, Pedro Hurtado de Mendoza<sup>2</sup>; OLIVEIRA, Jeneffer Karine de <sup>1</sup>; GILIOLI, Tatiane Pereira<sup>1</sup>; REIS, Gabriel Augusto dos<sup>2</sup>

**RESUMEN** – En el estudio se utilizaron cinco clones de árboles de teca con 14 años de edad, provenientes de un reflorestamiento en Mato Grosso. El objetivo fue estimar el contenido de extractos hidrosolubles (calientes y fríos), en función de la altura comercial del tronco. La metodología tuvo como referencia las normas de la Asociación Brasileña Técnica de Celulosa y Papel. Los datos se ajustaron a la regresión beta, utilizándose el Programa R. Se concluyó que hubo dependencia funcional entre los extractos solubles en agua (caliente y fría) y su posición axial en el tronco. El modelo presentó adecuada precisión y confiabilidad.

**Palabras clave:** Compuestos secundarios; calidad de madera; regresión beta.

**ABSTRACT** (ESTIMATE OF THE EXTRACTIVE CONTENT FOR TEAK WOOD) - In the study, five clones of teak trees were used with 14-year-old from a reforestation in Mato Grosso. The objective was to estimate the content of water-soluble extracts (hot and cold), based on the commercial height of the trunk. The methodology was referred to the standards of the Brazilian Technical Association of Pulp and Paper. The data were adjusted to the beta regression, using the R Program. It was concluded that there was functional dependence between water soluble extracts (hot and cold) and the axial position in the trunk. The model presented adequate precision and reliability.

**Keywords:** Secondary compounds; wood quality; beta regression.

**RESUMO** - No estudo utilizou-se cinco clones de árvores de teca com 14 anos de idade, provenientes de um reflorestamento no Mato Grosso. O objetivo foi estimar o teor de extratos solúveis em água (quente e fria), com base na altura comercial do tronco. A metodologia teve como referência as normas da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Os dados foram ajustados à regressão beta, utilizando-se o Programa R. Concluiu-se que houve dependência funcional entre os extrativos solúveis em água (quente e fria) e sua posição axial no tronco. O modelo apresentou adequada precisão e confiabilidade.

**Palavras Chaves:** Compostos secundários; qualidade de madeira; regressão beta.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Florestal /Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Cuiabá-MT, Brasil. zaira@ufmt.br; maisapavani@yahoo.com.br; Jeniffer-oliver@hotmail.com; tatigilioli@outlook.com;

<sup>2</sup> Departamento de Solos e Engenharia Rural/Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Cuiabá-MT, Brasil. pborges@ufmt.br; pedromorais08@hotmail.com; gabrielonline98@hotmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN

La especie *Tectona grandis* sp., conocida comúnmente como teca, es natural del continente asiático y cultivada en diversas regiones de África y las Américas. En la actualidad se considera como una alternativa a las especies de elevado valor económico en el suministro sustentable para las industrias de base forestal, siendo el producto principal la madera de calidad, utilizada en muebles de lujo y la construcción naval. Además, aún existe la posibilidad de comercializar su producción desde los primeros desbastes en los plantíos de esa especie para fines energéticos. Esa versatilidad, cuanto al uso, torna la teca una importante fuente de renda y un investimento lucrativo para sus productores (ÂNGELO et al., 2009; NEWBY et al., 2012; PELISSARI et al., 2014).

En Brasil, el área plantada con teca es de aproximadamente 68 mil hectáreas. El área plantada presenta un crecimiento anual de 1%, concentrándose principalmente la reforestación en los estados de Mato Grosso y Pará (IBÁ, 2018). Nacionalmente, los primeros plantíos se iniciaron en la década del 60, en el municipio de Cáceres-MT, donde tuvo un desarrollo satisfactorio. Se debe destacar que el ciclo de corte ha disminuido considerablemente, en relación al ciclo natural de 80 años en su local de origen, siendo actualmente de 25 años (CALDEIRA; OLIVEIRA, 2008).

La madera de teca presenta varios parámetros de calidad, sin embargo, su importancia y su valor comercial se deben a las propiedades físico-mecánicas, robustez y belleza. Asociado a los aspectos cualitativos y otras características tales como durabilidad, estabilidad, facilidad de trabajar o tratar y resistencia natural al ataque de hongos e insectos hacen que la madera de teca sea la foliosa más valorizada en el mundo (FIGUEIREDO, 2001). Moreschi (2012) relata que el contenido de humedad en la madera también está relacionado con su resistencia (propiedades mecánicas), con la mayor o menor facilidad de trabajar (trabajabilidad), con su poder calorífico y con su susceptibilidad al ataque de microorganismos xilófagos.

De acuerdo con Mendoza; Borges (2015), las características de la madera, en relación a su composición química puede servir como subsidio para adecuar las especies a su utilización. Químicamente, las maderas son analizadas cuanto a su contenido de compuestos fundamentales (celulosa, poliosis y lignina) y accidentales (extractivos y minerales). Los compuestos del primer grupo se emplean ampliamente en la industria de celulosa y papel

(celulosa y poliosis) y también en la generación de productos energéticos (lignina), mientras los extractivos tienen su aplicación en el área de perfumería, medicina, preservación y cosméticos. Estos últimos son sustancias orgánicas solubles en compuestos polares y apolares, que pueden retirarse fácilmente de la madera. El contenido de esos compuestos puede variar de acuerdo con la especie, entre árboles y dentro del mismo árbol, pues participan directamente del metabolismo del vegetal.

Los extractivos son responsables por determinadas características de la planta, como olor, resistencia natural al podrecimiento, sabor y propiedades abrasivas. Su composición y cantidad relativa dependen de diversos factores, como especies, edad del árbol y región del plantío. Se pueden observar, también, variaciones en diferentes alturas del árbol, bien como entre el tronco y los gajos. Preferiblemente, los extractivos presentan mayores contenidos en la cáscara y en las raíces. Azúcares, otros constituyentes solubles de la ceiba y de materiales de reserva, como almidón y grasas, se encuentran en mayor cantidad en el alburno, mientras materiales fenólicos son usualmente depositados en el cerne (WASTOWSKI, 2018).

La problemática abordada motivó la realización del presente trabajo, en el cual se objetivó estimar el contenido de extractivos solubles en agua (fría y caliente), en función de la altura comercial del árbol de teca.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

Para realizar esta investigación se utilizaron muestra de cinco árboles de la especie *Tectona grandis* (Teca) con 14 años de edad, procedentes de un plantío homogéneo en el espaciamiento de 3 x 2 m, situado en el municipio Nossa Senhora do Livramento-MT, coordenadas 16°12'03"S y 56°22'44"W y altitud de 223 m. El clima de la región es caracterizado por dos estaciones, una seca y otra lluviosa. La estación seca se extiende entre los meses de mayo y setiembre, mientras la lluviosa entre octubre y abril. De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima es del tipo Aw, tropical, con estación seca de invierno. La región presenta temperatura media anual de 25,5°C y precipitación de 1252 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2017).

La colecta en el plantío se realizó durante los meses de febrero y marzo de forma aleatoria, pero verificando la salud de los árboles. De cada árbol se retiraron cuatro discos con espesura única de 5 cm, totalizando veinte muestras. La retirada de los discos en las cuatro alturas diferentes caracterizó una estratificación no sentido axial de los árboles, cuyas

posiciones fueron representadas como siendo Base, DAP, Medio y Ápice, que correspondieron a 0, 25, 50 y 100% de la altura comercial del árbol, respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Posición de los discos y alturas correspondientes para cada árbol.  
**Table 1.** Position of the discs and corresponding heights for each tree.

Posición del disco	Árboles y alturas de los discos (m)				
	1	2	3	4	5
Base	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DAP	2,82	3,07	3,05	2,82	2,65
Medio	5,60	6,15	6,10	5,60	5,30
Ápice	8,47	9,22	9,15	8,47	7,95
Altura comercial	11,30	12,30	12,20	11,30	10,60

El material se procesó manualmente utilizándose cuchillos y machetes. Primero se retiraron las cáscaras y después los discos se transformaron en palitos con dimensiones de 3 cm de largo y 0,05 cm de ancho aproximadamente. Después, los palitos se trituraron en un molino del tipo Willey obteniéndose aserrín. El aserrín se clasificó en cribas de 40 y 60 “mesh”, utilizándose para los análisis la parte que pasó por la criba de 40 “mesh” y fue retenida en la de 60 “mesh”. La cuantificación de los extractivos solubles en agua fría y caliente tuvo como referencia la norma ABTCP M4/68 (2005).

Los datos colectados se analizaron aplicándose la regresión beta, de acuerdo con la metodología propuesta por Cribari-Neto; Souza (2012) y Silva; Souza (2014), una vez que los extractivos se obtuvieron en valores porcentuales. Ese modelo fue propuesto inicialmente por Ferrari; Cribari-Neto (2004) para estimar respuestas que presentan distribución asimétrica y que pertenecen al intervalo entre cero y uno (0,1), por medio de una estructura de regresión que contiene una función de enlace, covariables y parámetros desconocidos. El modelo fue adaptado para esta investigación, conforme la ecuación 1:

$$g(\mu_i) = \beta_0 + X_{ij} \cdot \beta_j \quad (\text{Eq. 1})$$

En que,  
 $g(\mu_i)$ : Función de conexión;  
 $\beta_0$ : Intercepto;  
 $\beta_j$ : Vector desconocido con los parámetros de regresión;  
 $X_{ij}$ : Observaciones de la covariable;  
*i*: Número de observaciones;  
*j*: Índice de la covariable.

En este estudio, la altura del disco fue la covariable y como funciones de conexión se utilizaron la logística (logit), la normal (probit) y la lognormal (loglog), siendo los extractivos solubles en agua la variable respuesta. La asimetría de la variable respuesta se confirmó por medio de histogramas y diagramas de caja.

En los procedimientos computacionales se aplicó el programa R, utilizándose el módulo “betareg” elaborado por Cribari-Neto; Zeileis (2010). La selección del modelo más apropiado se realizó con base en los coeficientes proporcionados por el propio programa y en el procesamiento analítico de los residuos. Después de seleccionado el modelo, se efectuó un análisis gráfico más detallado consistiendo en la elaboración de los diagramas de dispersión con los residuos y del cuartil-cuartil, siendo que en este último se incluyeron la bisectriz y las bandas del intervalo de confianza con 95% de probabilidad.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios para los extractivos en agua (caliente y fría), en función de la posición del disco se encuentran en la Tabla 2. En esa Tabla se observa que los extractivos en agua fría presentaron la mayor variabilidad, dado por el coeficiente de variación y la amplitud entre los valores máximos y mínimos.

**Tabla 2.** Estadísticas descriptivas para los extractivos solubles en agua.  
**Table 2.** Descriptive statistics for water soluble extracts.

Estadísticas descriptivas	Extractivos solubles en agua (%)	
	Caliente	Fría
Media	5,77	4,15
Mínimo	3,70	2,34
Máximo	7,12	6,15
Desvío padrón	0,74	0,72
Intervalo de Confianza (95%)	±0,13	±0,13
Coefficiente de Variación (%)	12,82	17,35

Moreira et al. (2016), trabajando con madera de teca de ocho años de edad, retirada de discos en el DAP (1,30 m de altura), verificaron extractivos en el cerne de 3,8% para agua fría y de 8,5% para agua caliente. Sin embargo, en el alburno los referidos contenidos fueron

2,19% y 6,21%, respectivamente, para agua fría y caliente. Esos valores fueron similares a los obtenidos en este estudio, constatándose la variación de los extractivos a lo largo del tronco del árbol.

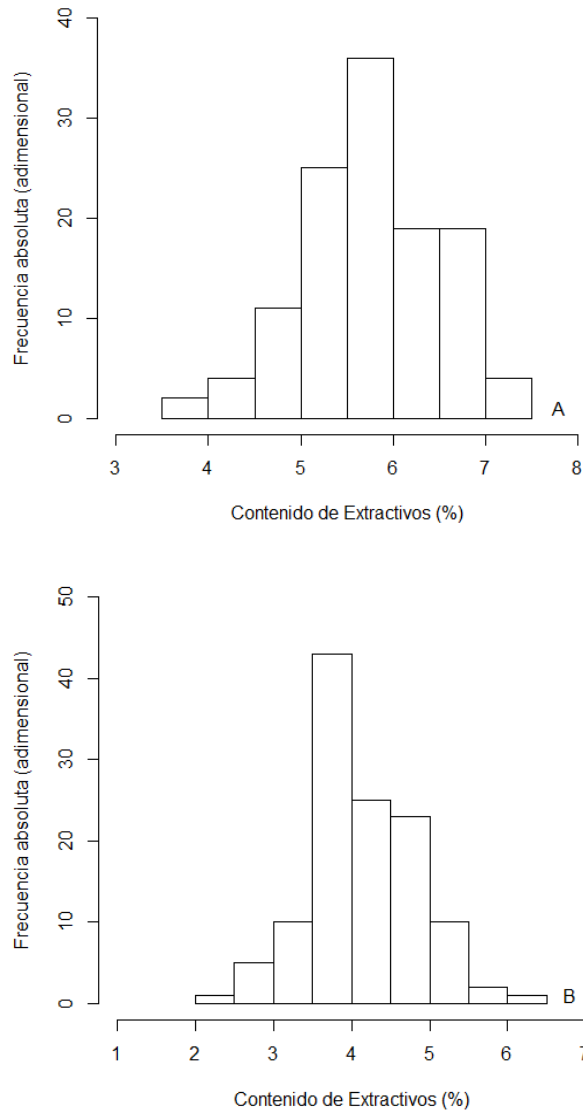
El valor medio de los extractivos en agua caliente estimado fue inferior al determinado por Ferreira et al. (2015) de 9,66%. Por el contrario, los valores en agua fría del presente estudio fueron superiores a los obtenidos por los referidos autores (3,44%). Esas diferencias pueden estar asociadas a la edad de los árboles y a su diámetro, bien como a la época y el local de colecta.

Los resultados de la investigación realizada no concuerdan con los obtenidos por Chagas et al. (2014), al estudiar madera de teca con varias edades y verificaron que no hubo diferencia estadística entre los valores de extractivos a lo largo del tronco, inclusive con valores medios próximos entre sí. Esos autores interpretaron los datos por medio de análisis de variancia (ANOVA) y las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey, en nivel de 5% de probabilidad. De la misma forma, Silva et al. (2015), analizando las propiedades energéticas de la madera de teca oriunda de desbaste (4 y 7 años), verificaron que el análisis de variancia no evidenció diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el sentido axial del tronco. Estos resultados indican que el análisis de variancia puede ser inadecuado para detectar variaciones de propiedades tecnológicas longitudinales de la base para el ápice del árbol, justificándose el desarrollo del modelo de regresión propuesto en este trabajo.

Lopes (2008) utilizó análisis de regresión por el método de los mínimos cuadrados parciales para evaluar los extractivos en clones de eucaliptos de diferentes edades y regiones, verificando que hubo gran variación del referido contenido en relación a la base y al ápice. El autor atribuyó ese resultado a la diferente cantidad de cerne y alborno presente en cada posición de retirada de los discos. Teniendo como referencia ese estudio, se recomienda la aplicación de los modelos estadísticos para constatar la variabilidad de los extractivos, en función de la altura del árbol. En este sentido se debe destacar que la regresión beta adoptada en nuestro trabajo puede ser, aún, más precisa, una vez que posibilita la inclusión simultánea de variables cuantitativas y cualitativas.

El histograma de frecuencias absolutas con los valores del contenido de extractivos solubles en agua caliente y fría puede ser observado en la Figura 1. En esa Figura se constata una nítida asimetría de los referidos valores, concentrándose la mayor parte entre 5,5 y 6,0% para el agua caliente, mientras para el agua fría entre 3,5 y 4,0%. Esa característica justifica la

aplicación de los modelos de regresión “beta”, pues esta distribución puede representar con mayor precisión los valores de la variable respuesta, en función de la covariable citada anteriormente.

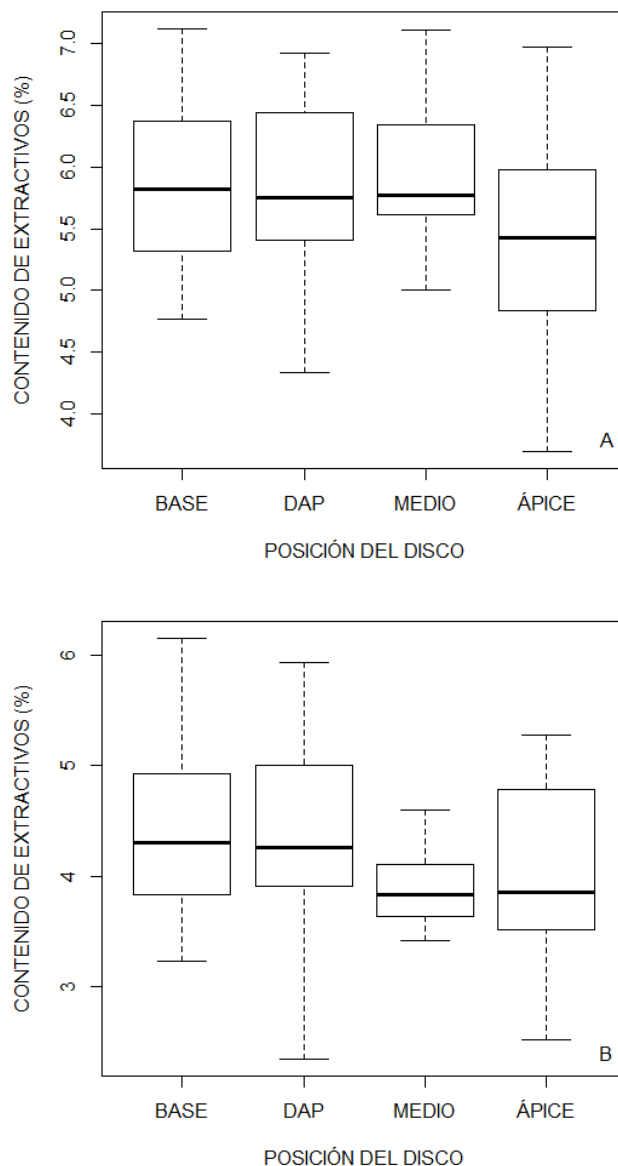


**Figura 1.** Distribución da frecuencia para los valores de extractivos solubles en agua.  
A) Caliente; B) Fría.

**Figure 1.** Frequency distribution for water soluble extractives values. A) Hot; B) Cold.

Las principales estadísticas descriptivas para confirmar la asimetría de la distribución de los datos se pueden inferir del diagrama de caja de la Figura 2. En esa Figura se verifica diferentes distancias entre la mediana y los valores extremos (mínimo y máximo), bien como entre la mediana y los cuartiles (primero y tercero) en la mayoría de las posiciones de los discos en el árbol, pues solamente en la base para el contenido de extractivos en agua caliente

presentó una proporción adecuada. Esas características comprueban que la distribución “beta” puede ser eficiente para ajustar los extractivos, considerándose la posición del disco.



**Figura 2.** Diagrama de caja para los valores de extractivos solubles en agua, conforme la posición del disco. A) Caliente; B) Fría.

**Figure 2.** Box plot diagram for water soluble extractives values, according to the disk position in the tree. A) Hot; B) Cold.

En la Tabla 3 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación preliminar de los modelos para los extractivos en agua caliente y fría, conforme la función de enlace. Los fundamentos utilizados fueron el coeficiente de precisión ( $\Phi$ ), el pseudo coeficiente de correlación al cuadrado ( $R^2$ ) y el criterio de información de Akaike (AIC), los cuales fueron determinados por el propio programa computacional utilizado. En esa Tabla se constata, que



todos los modelos evidenciaron criterios de evaluación apropiados. Sin embargo, el modelo con la función de enlace Lognormal (loglog) proporcionó el mayor coeficiente de correlación al cuadrado ( $R^2$ ) para los dos métodos de extracción.

**Tabla 3.** Resultados del programa R en la evaluación de los modelos para cada función de conexión.

**Table 3.** Results of the R program in the evaluation of the models for each connection function.

Extractivos solubles en agua	Función de conexión	( $\Phi$ )	$R^2$	AIC
Caliente	logit	6700	0,8418	-1057
	probit	6700	0,8472	-1057
	loglog	6700	0,8516	-1057
Fría	logit	4951	0,8301	-1059
	probit	4951	0,8353	-1059
	loglog	4951	0,8390	-1059

Los resultados del procesamiento analítico de los residuos correspondientes a cada modelo con sus respectivas funciones de conexión para el contenido de extractivos en agua caliente y fría se pueden observar en la Tabla 4. Esa Tabla contiene el desvío padrón absoluto mediano (MAD), el error cuadrático medio (MSE), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el porcentaje de error absoluto medio (MAPE), los cuales se mostraron semejantes para todas las funciones de conexión.

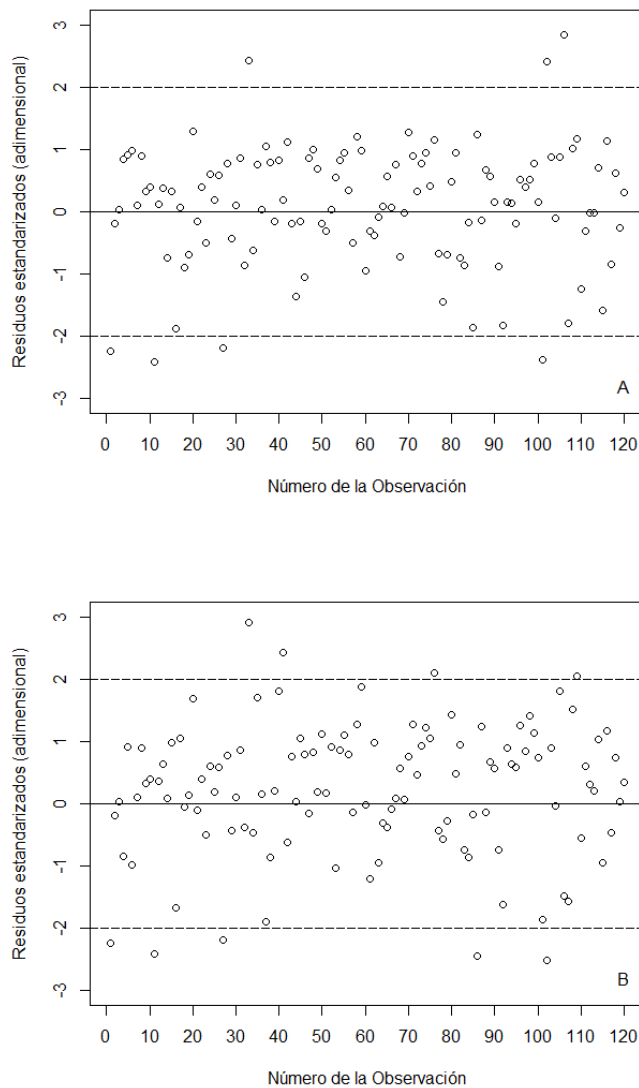
**Tabla 4.** Resultados del análisis de los residuos referentes a los modelos obtenidos para cada función de conexión.

**Table 4.** Results of the residual analysis concerning to the obtained models for each connection function.

Extractivos solubles en agua	Función de conexión	MAD (-)	MSE (-)	RMSE (-)	MAPE (%)
Caliente	logit	0,0020	0,0007	0,0027	3,792
	probit	0,0020	0,0007	0,0027	3,792
	loglog	0,0020	0,0007	0,0027	3,792
Fría	logit	0,0020	0,0007	0,0027	5,235
	probit	0,0020	0,0007	0,0027	5,235
	loglog	0,0020	0,0007	0,0027	5,235

Con base en los resultados de las Tablas 3 y 4, fue seleccionado el modelo con función de conexión Lognormal (loglog) para as análisis gráficas subsecuentes. En la Figura 3 se

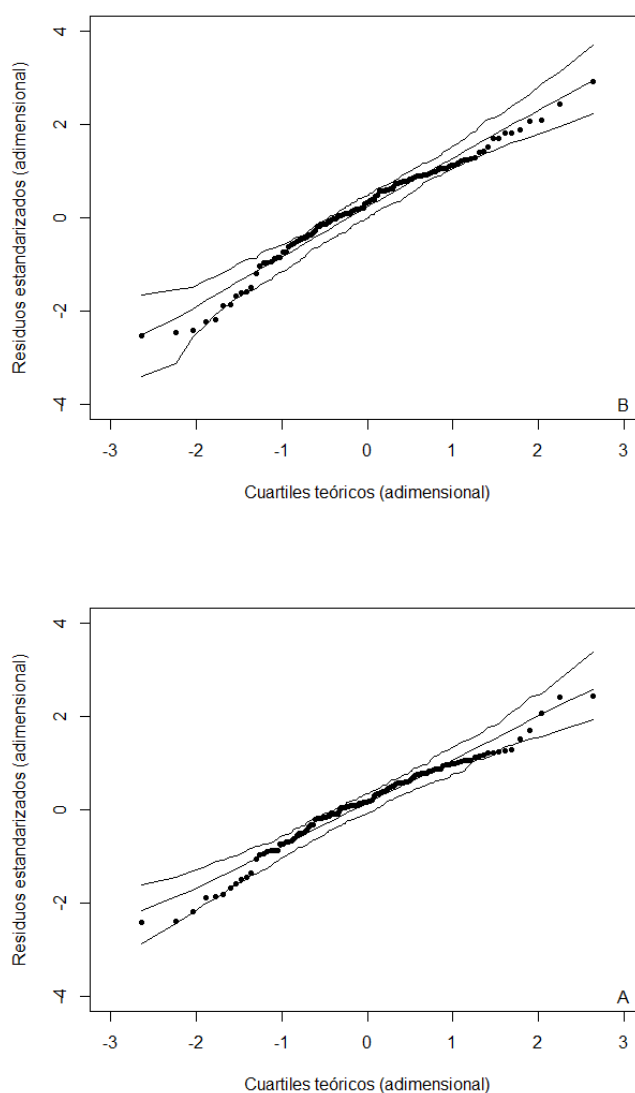
presentan los residuos estandarizados correspondientes a cada observación. De acuerdo con esa Figura, los residuos no evidenciaron tendencia o padrón de comportamiento, distribuyéndose aleatoriamente a lo largo del eje horizontal. También, se constató que la mayoría de los residuos están dentro de los límites entre -2 y 2. Esos dos aspectos son esenciales para inferir que la regresión beta fue satisfactoria para modelar el contenido de extractivos en agua caliente y fría, en función de la posición del disco en el árbol.



**Figura 3.** Dispersión de los residuos para cada observación de los extractivos solubles en agua. A) Caliente; B) Fría.

**Figure 3.** Scatter of the residues at each observation of the soluble extractives in water. A) Hot; B) Cold.

El diagrama de dispersión cuartil-cuartil con los residuos estandarizados en función de los valores teóricos, a bisectriz y las bandas del intervalo de confianza para el nivel de 95% se encuentra en la Figura 4. En esa Figura se puede verificar que los residuos están próximos de la bisectriz y que más de 95% permanecieron dentro de las referidas bandas, a excepción de pocos puntos aislados al principio y al final. Esas características comprueban, también, que la regresión beta estima los extractivos solubles en agua caliente y fría, en función de la posición del disco en el árbol, con adecuada precisión.



**Figura 4.** Diagrama cuartil-cuartil para los valores de extractivos solubles en agua.  
A) Caliente; B) Fría.

**Figure 4.** Quantile-quantile diagram for the water soluble extractives values.  
A) Hot; B) Cold.

El resumen con los coeficientes estimados y las principales estadísticas para evaluar el modelo desarrollado se muestran en la Tabla 5. En esa Tabla se observa que las variables explicativas relacionadas con la posición del disco en el árbol evidenciaron influencia negativa, acentuándose eso en las partes inferiores (Base y DAP), donde hubo una mayor significancia. La posición de los discos correspondientes a las otras partes (Medio y Ápice) no influyeron en el contenido de extractivos. Debemos destacar, que las informaciones referentes al ápice no fueron fornecidas por el programa, debido a su baja influencia y que el valor del intercepto no está asociado a ninguna variable.

**Tabla 5.** Resumen con los coeficientes y estadísticas principales del modelo desarrollado.  
**Table 5.** Summary with the coefficients and main statistics for the developed model.

Extractivos solubles en agua	Coefficientes	Estimado	Error padrón	Valor de z	Probabilidad y significancia
Caliente	Intercepto	-1,4822	0,0395	-37,54	0,0001***
	Base	-0,0352	0,0072	-4,89	0,0001***
	DAP	-0,0115	0,0055	-2,09	0,0368*
	Medio	-0,0019	0,0043	-0,44	0,6621 <sup>ns</sup>
Fría	Intercepto	-1,7265	0,0447	-38,67	0,0001***
	Base	-0,0300	0,0083	-3,68	0,0003***
	DAP	-0,0160	0,0063	-2,56	0,0104*
	Medio	-0,0018	0,0049	-0,36	0,7185 <sup>ns</sup>

Con base en el análisis conjunto de los resultados se verificó que la regresión beta permitió modelar los extractivos solubles en agua caliente y fría, en función de la parte del árbol. De acuerdo con Clair et al. (2003), la relación entre dos variables diferentes permite conocer la magnitud de cuanto están próximas. Siendo así, en este estudio, la posición del disco en el árbol se adoptó como dato de entrada para el modelo propuesto, sirviendo para estimar los extractivos en agua con precisión.

Los resultados obtenidos en esta investigación corroboran el corolario formulado por Mendoza et al. (2019). Esos autores elaboraron un modelo estadístico con base en la regresión beta para estimar el rendimiento de aserraderos, en función de la conicidad del árbol y la especie. La relación funcional ajustada evidenció adecuada confiabilidad al considerar la especie como covariable categórica, elevando su eficiencia.

#### 4. CONCLUSIONES

Fue posible desarrollar un modelo estadístico para estimar el contenido de extractivos solubles en agua (caliente y fría) en función de la parte del árbol. La relación obtenida por medio de la regresión beta evidenció adecuada precisión y confiabilidad, lo que justifica su aplicación. La inclusión de la posición del disco en el árbol como variable categórica para el modelo incrementó significativamente su generalidad. Luego, la dependencia funcional propuesta posibilita establecer previamente el contenido de extractivos solubles en agua, antes de realizar la transformación mecánica de los árboles. Eso puede ser una útil herramienta en el planeamiento y gerenciamiento de procesos tecnológicos para usos múltiples de las especies madereras.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigación (CNPq) por la ayuda financiera y a la empresa Teca do Brasil Florestal, por la disponibilidad del material arbóreo.

#### 6. REFERENCIAS

ÂNGELO, H; SILVA, V. S. M; SOUZA, A. N; GATTO, A. C. Aspectos financeiros da produção de teca no Estado de Mato Grosso. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 23–32, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP, **M4/68 COLETÂNEAS DE NORMAS TÉCNICAS**, 2005.

CALDEIRA, S. F; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 2, p. 223-228, 2008.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste, **Ciência da Madeira**, v.5, n. 2, p. 138-150, 2014. DOI: 10.12953/2177-6830.v05n02a08

CLAIR, B.; RUELLE, J.; THIBAUT, B. Relationship between growth stresses, mechanical-physical properties and proportion of fibre with gelatinous layer in Chestnut (*Castanea Sativa* Mill.). **Holzforchung**, v. 57, n. 2, p. 189-195, 2003.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima: Nossa Senhora do Livramento-MT. 2017. <https://pt.climate-data.org/location/43158/>

CRIBARI-NETO, F.; SOUZA, T. C. Testing inference in variable dispersion beta regressions. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v. 82, n. 12, p. 1827-1843, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/00949655.2011.599033>

CRIBARI-NETO, F.; ZEILEIS, A. Beta Regression in R. **Journal of Statistical Software**, v. 34, n. 2, p. 1-24, 2010.

FERRARI, S. L. P.; CRIBARI-NETO, F. Beta regression for modeling rates and proportions. **Journal of Applied Statistics**, v. 31, n. 7, p. 799-815, 2004.

FERREIRA, K. A. C; MENDOZA, Z. M. S. H; RIBEIRO, E. D; BATISTA, B. M. F; SILVA, J.C análise dos compostos acidentais na madeira de *Tectona grandis* L. F. **Biodiversidade**, v.14, n.1, p. 105 -116, 2015.

FIGUEIREDO, E. O. Reflorestamento com Teca (*Tectona grandis* L.f.) no Estado do Acre. EMBRAPA ACRE, Rio Branco, 28 p. (EMBRAPA ACRE – Documentos, 65). 2001.

GOULART, S. L.; MORI, F. A.; RIBEIRO, A. O.; COUTO, A. M.; ARANTES, M. D. C.; MENDES, L. M. Análises químicas e densidade básica da madeira de raiz, fuste e galho de barbatimão [*stryphnodendron adstringens*] coville] de bioma cerrado. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 59-66, 2012.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório 2018. Brasília, DF, 78p. 2018.

LOPES, O. R. Influência dos extrativos e da relação cerne/alburno nas análises da madeira por espectroscopia de infravermelho próximo para produção de celulose. 2008. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 103f. 2008.

MENDOZA, Z. M. S. H.; BORGES, P. H. M. Análisis colorimétrico del extracto acuoso de hojas de teca. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 953-961, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000500018>

MENDOZA, Z. M. S. H.; BORGES, P. H. M.; MORAIS, P. H. M.; ELIAS, M. P. S. Use of beta regression to estimate the volumetric yield coefficient in logs of native species of the legal amazon. **Nativa**, v. 7, n. 3, p. 323-329, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i3.6834>. Disponível em: <http://www.ufmt.br/nativa>

MOREIRA, E. L.; FAZION, H.; RIBEIRO, E. S. Variação dos teores de extrativos de três espécies florestais. **Biodiversidade**, v.15, n.2, p. 163 – 172, 2016.

MORESCHI, J. C. Propriedades da Madeira. UFPR, 4ª edição, Curitiba, PR, 203p., 2012.

NEWBY, J. C.; CRAMB, R. A.; SAKANPHET, S.; Mc NAMARA, S. Small holder teak and agrarian change in Northern Laos. Small-scale. **Forestry**, v. 11, p. 27-46, 2012.

PELISSARI, A. L.; GUIMARÃES, P. P.; BEHLING, A.; EBLING, A. A. Cultivo da teca: Características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, v.1, n.1, p. 127-145, 2014.

SILVA, C. R.; SOUZA, T. C. Modelagem da taxa de analfabetismo no estado da Paraíba via modelo de regressão beta. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 32, n. 3, p. 345-359, 2014.

SILVA, D. A.; CHRISTO, E. R.; BELHING, A.; MAYER, S. L. S.; PELANDA, K. A.; SIMETTI, R. Potencial e qualidade da madeira de desbaste de teca para produção de biocombustível. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 299-305, 2015.

SOUZA, T. C.; CRIBARI-NETO, F. Uma estimativa do impacto eleitoral do Programa Bolsa-Família. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 31, n. 1, p. 79-103, 2013.

WASTOWSKI, A.D. **Química da madeira**, 1. ed., Rio de Janeiro, Interciência, 2018, 584p.