



EFFECTO DEL RALEO EN LA DENSIDAD BASICA DE LA MADERA DE *Eucalyptus grandis*

Federico Javier CANIZA¹; Ciro Mastrandrea²; Sebastián Alberti²; Jorge Luis Aparicio¹;
Luciana Ingaramo²

RESUMEN

La madera es un material particularmente heterogéneo y de carácter anisótropo, sus propiedades físicas, mecánicas y químicas varían notablemente entre especies, entre árboles de una misma especie y entre diferentes partes dentro de un árbol. La silvicultura puede hasta cierto punto modificar, controlar, minimizar o mejorar las propiedades y características de cada material genético. Con el objetivo de evaluar el efecto del raleo en la densidad básica de la madera (DB) y su variación a lo largo del fuste, se evaluaron 36 árboles de 16,2 años de edad provenientes de un ensayo de raleo en suelo mestizo del departamento Colon, Entre Ríos. El ensayo se constituye de 4 intensidades de raleo (IR) con densidades finales de 827, 615, 414 y 291 árboles/ha. Mediante muestreo destructivo se obtuvieron discos a lo largo del fuste y, en el presente trabajo se analizó la DB en tres posiciones de altura P₁ (4,20 m), P₂ (8,40 m) y P₃ (12,50 m). De cada disco se extrajeron probetas en cuartones según la orientación norte y sur de las que se obtuvo la DB (DBN y DBS); a partir de éstas, se calculó la DB promedio (DBprom). Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM utilizando el software SAS. Los principales resultados mostraron: diferencias altamente significativas entre las IR ($p < 0,0001$) en DBN, DBS y DBprom, presentando mayor valor de densidad básica el tratamiento de raleo que finaliza con 291 árb/ha. También se diferenció significativamente la DB entre las posiciones de altura, mostrando un aumento en la DB con la altura en el fuste, en tanto que la interacción IR x P no presentó significancia estadística.

Palabras Claves: *Eucalyptus grandis* - Raleo - Densidad Básica de la Madera

INTRODUCCIÓN

La madera es un material particularmente heterogéneo y de carácter anisótropo, sus propiedades físicas, mecánicas y químicas varían notablemente entre especies, entre árboles de una misma especie y entre diferentes partes dentro de un árbol. Según OLIVEIRA y SILVA (2003) la variabilidad, generalmente encontrada dentro de un mismo árbol, se debe probablemente, a los cambios sufridos

¹ INTA EEA Bella Vista, Corrientes, Argentina. fcaniza@correo.inta.gov.ar

² INTA EEA Concordia, Entre ríos, Argentina cmastrandrea@correo.inta.gov.ar



por el cambium durante el envejecimiento y modificaciones impuestas por las condiciones ambientales.

El peso específico constituye una de las propiedades físicas más importantes de la madera, de ella dependen la mayoría de sus características físicas y mecánicas. Según CORONEL (1994) las propiedades físicas dependen fundamentalmente de los siguientes factores: a) la disposición y orientación de los materiales que forman las paredes celulares; b) La cantidad de sustancias básicas que forman las paredes celulares de la madera; c) los porcentajes de sustancias estructurales o de materiales celulósicos que contiene el leño; d) la composición química de las sustancias básicas, que explican muchas diferencias cuantitativas en el comportamiento de la madera; y e) el contenido de agua que se encuentra presente.

Conforme con OLIVEIRA y SILVA (2003), el peso específico de la madera puede ser alterada en función de las características propias de la especie, además, influenciadas por factores externos como variaciones ambientales e intervenciones silviculturales (WILKINS y KITAHARA, 1991; MALAN y HOON, 1992; CORONEL 1994; DEBELL et al., 2001). De acuerdo con SCHNEIDER (1998) los raleos muy intensos pueden llevar al aumento desproporcional del tamaño de la copa y ramas reduciendo la calidad de madera y por lo tanto la producción volumétrica forestal, mientras que, el raleo con intensidad adecuada y oportuna permite mejorar la calidad de la madera, homogeneizar los productos y aumentar la dimensión de los árboles sin pérdidas significativas de volumen.

Muchos trabajos (BRASIL y FERREIRA, 1971; EVERT, 1973 citado por MELLO et al., 1976; SCHNEIDER et al., 1998; SCOLFORO y FILHO, 1998; SANQUETTA et al., 1998; SCOLFORO, 1998; BERGER, 2000; GOULART et al., 2003; CHIES, 2005; LIMA, 2005; TREVISAN et al, 2007) sostienen que las prácticas silviculturales (espaciamiento inicial, fertilización, podas, raleos) son una forma de mejorar la producción (de manera cualitativa y cuantitativa) de las plantaciones, indicando que, sobre todo, el espaciamiento inicial puede afectar de manera rápida y directa las características de la madera, debiendo adecuarlo a los objetivos de los productos finales.

La silvicultura puede hasta cierto punto modificar, controlar, minimizar o mejorar las propiedades y características de cada material genético y el objetivo de la silvicultura moderna es poder determinar hasta qué punto puede “manejar” la calidad de la madera. El propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de la intensidad del raleo en la densidad básica (DB) de la madera de *Eucalyptus grandis* y su variación según su posición axial en el tronco.



MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado con muestras de madera provenientes de árboles de un ensayo de raleo de *E. grandis* establecido por el INTA Concordia en 1991, en un suelo mestizo, en la localidad de Ubajay departamento Colón, Entre Ríos. El ensayo se estableció con 1160 árboles por hectárea y consta de cuatro intensidades de raleo (IR) realizados en distintas oportunidades, llegando a las densidades finales mostradas en el **Cuadro 1**. Se seleccionaron para el presente trabajo un total de 36 árboles.

Cuadro 1. Intervenciones de raleos, número de árboles por hectárea a los 16,2 años de edad (momento del muestreo) y DAP promedio de la muestra analizada.

Raleos	N° de árboles/ha	DAP promedio
0	827	21,9
1	615	25,8
2	414	27,2
3	291	29,0

A los árboles seleccionados antes del apeo se les midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m de altura sobre el nivel de suelo, y sobre su corteza se marco el Norte. Una vez abatidos los individuos fueron seccionados en trozas para aserrado (hasta 12 cm en punta fina) de 4,10 metros de largo, dando entre 1 a 6 trozas dependiendo del DAP, conicidad y otras características. Tal como se muestra en el **Gráfico 1** de los extremos de cada troza se obtuvieron discos de aproximadamente 3 cm de espesor. En el presente trabajo se analizaron tres posiciones en altura P_1 (4,20 m), P_2 (8,40 m) y P_3 (12,50 m).

Los discos fueron transportados al INTA Bella Vista (Ctes.) para su procesamiento y análisis. De cada disco se obtuvieron probetas en cuartones diametralmente opuestas según la orientación norte y sur de los que se obtuvo la DB (DBN y DBS), previo descortezado. De estas probetas se calculó la DB promedio (DBprom). Siendo la DB el cociente entre el peso seco y el volumen saturado según la fórmula:

$$DB = \frac{P_s}{V_s}$$

Siendo DB: densidad básica (gr/cm^3); P_s : Peso seco de la probeta (gr); V_s : Volumen saturado (cm^3).

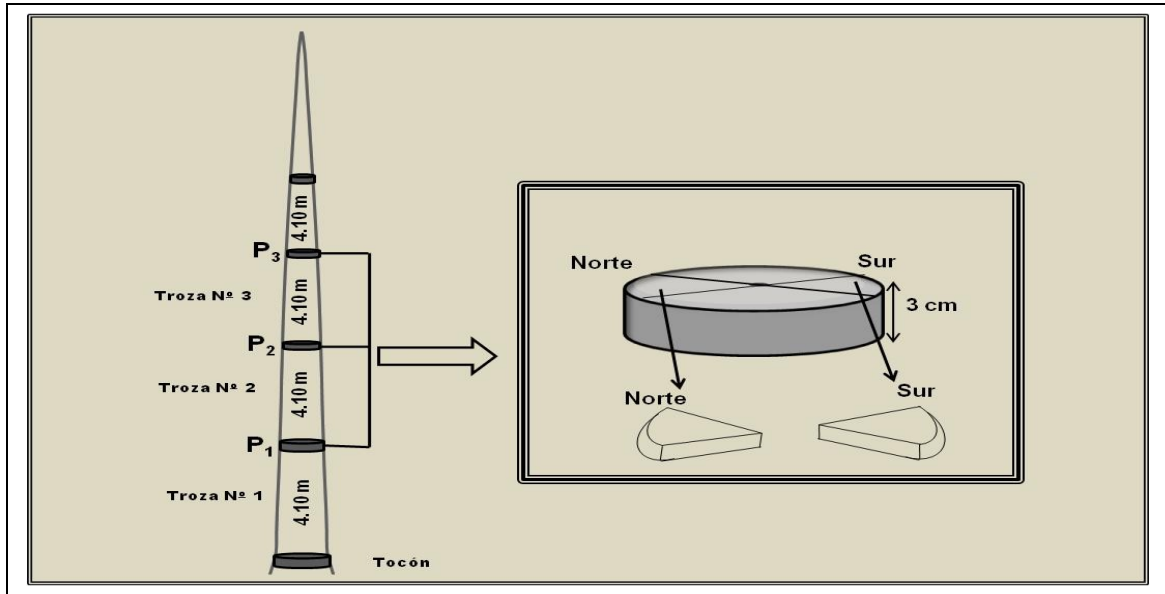


Gráfico 1. Extracción de discos según la posiciones axial en el fuste de *E. grandis* y probetas en cuartones según orientación Norte y Sur (198 probetas analizadas en total).

Se realizaron análisis de la varianza y prueba de medias por el test de Tukey para la DBN, DBS y DBprom tomando como fuentes de variación la intensidad de raleo y la posición en altura; se utilizó el procedimiento GLM mediante el software SAS (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el **Cuadro 2** se observa el efecto del raleo y de las posiciones de altura, presentando el análisis de varianza a los 16,2 años diferencias altamente significativas para las intensidades de raleo y significativas para las posiciones de altura analizadas, en tanto que, no existe significancia en la interacciones de las mismas.

Cuadro 2. Resultados del análisis de la varianza.

FV	GL	DBN (gr/cm ³)	DBS (gr/cm ³)	DBprom (gr/cm ³)	Pr > F
IR	3	0,0001	<,0001	<,0001	
P	2	0,0379	0,0159	0,0073	
IR X P	6	0,9696	0,9665	0,9717	
CV experimental (%)		9,43	8,98	8,33	



En el **Cuadro 3** se advierte un aumento gradual de la DB con la intensidad de raleo (aumento del espacio vital) y con la posición axial en el tronco. Se registran diferencias significativas entre el tratamiento con menor cantidad de árb/ha y los demás tratamientos. Comparando los tratamientos extremos (291 y 827 árb/ha), se observa un aumento de 12,8% (67 kg/m^3) en la DB de la madera en el tratamiento de mayor espacio vital. Al comparar éste con los tratamientos intermedios (615 y 414 árb/ha) el aumento en la DB es de 10,4% ($54,5 \text{ kg/m}^3$). Estos resultado coinciden con otras investigaciones de tratamientos silviculturales, indicando que los tratamientos que aceleran la tasa de crecimiento también aumentan la densidad básica de la madera del *E. grandis* (BRASIL y FERREIRA, 1971; LOPEZ y FRANICEVICH, 1990; WILKINS y KITAHARA, 1991; MALAN y HOON, 1992; BERGER, 2000; DEBELL et al., 2001 y MALAN, 2005). Contrariamente, LIMA (2005) y GARCIA et al., (1991) citado por GOULART et al., (2003) encontraron una disminución de la DB de la madera con el aumento del espaciamiento.

Por otro lado, no se encuentran diferencias significativas en la DB entre el tratamiento testigo de 827 árb/ha y los de 615 y 414 árb/ha (26% y 50% de árboles menos que el testigo). DOWNES y RAYMOND (1997) citados por TREVISAN et al., (2007) indican que esta relación (aumento del espacio vital/aumento de DB) no es perfecta, o mejor aún, los tratamientos que aumentan el volumen de producción no siempre aumentan estas características tecnológicas. Estas divergencias en resultados según MELLO et al., (1976) y FERREIRA (1968) citado por GOULART et al., (2003) pueden asociarse con diversos factores, como la variabilidad genética de las plantaciones de semillas.

Cuadro 3. Comparación de medias por el Test de Tukey (HSD) para posiciones y las IR.

Posiciones	1	2	3	
DBprom (gr/cm^3)	0,461 <i>a</i>	0,480 <i>a</i>	0,493 <i>b</i>	
Arboles por hectárea	827	615	414	291
DBprom (gr/cm^3)	0,455 <i>a</i>	0,467 <i>a</i>	0,468 <i>a</i>	0,522 <i>b</i>

En el **Cuadro 4** se presentan los valores medios de la DBN, DBS y DBprom de la madera de *E. grandis* en las tres posiciones en altura y según los tratamientos de raleo analizados.



Cuadro 4. Valores de DBN, DBS y DBprom de la madera de *E. grandis* según posición en el fuste e IR.

IR (Árb/ha)	Posición	N*	DBN	DBS	DBprom
827	1	8	0,454 ^{1/} (0,050)	0,433 (0,038)	0,444 (0,041)
	2	8	0,463 (0,062)	0,450 (0,046)	0,457 (0,054)
	3	6	0,467 (0,069)	0,461 (0,065)	0,464 (0,058)
615	1	9	0,440 (0,027)	0,452 (0,028)	0,446 (0,025)
	2	7	0,469 (0,032)	0,475 (0,033)	0,472 (0,031)
	3	7	0,483 (0,035)	0,485 (0,029)	0,484 (0,029)
414	1	10	0,447 (0,028)	0,451 (0,021)	0,449 (0,023)
	2	9	0,472 (0,040)	0,450 (0,022)	0,464 (0,028)
	3	8	0,493 (0,033)	0,490 (0,052)	0,492 (0,034)
291	1	9	0,502 (0,046)	0,509 (0,050)	0,505 (0,046)
	2	8	0,520 (0,055)	0,535 (0,053)	0,528 (0,048)
	3	8	0,520 (0,051)	0,544 (0,061)	0,532 (0,052)

* Número de repeticiones; ^{1/}valores entre paréntesis son el desvío estándar.

Conforme al **Cuadro 4**, se verifica que la DB tiende a aumentar con la posición axial en el tronco, independientemente de los tratamientos de raleo y de la orientación tomada (N - S). Otros trabajos indican que la DB decrece desde la base hacia el DAP, de donde empieza un aumento hasta el 75% (donde se encuentran los valores máximos), siguiendo una tendencia decreciente hasta el 100% de la altura comercial (SOUZA et al., 1986 y GOULART et al., 2003). Las variaciones de la DBprom según posiciones en altura del tronco y tratamiento de raleo se pueden apreciar claramente en el **Gráfico 2**.

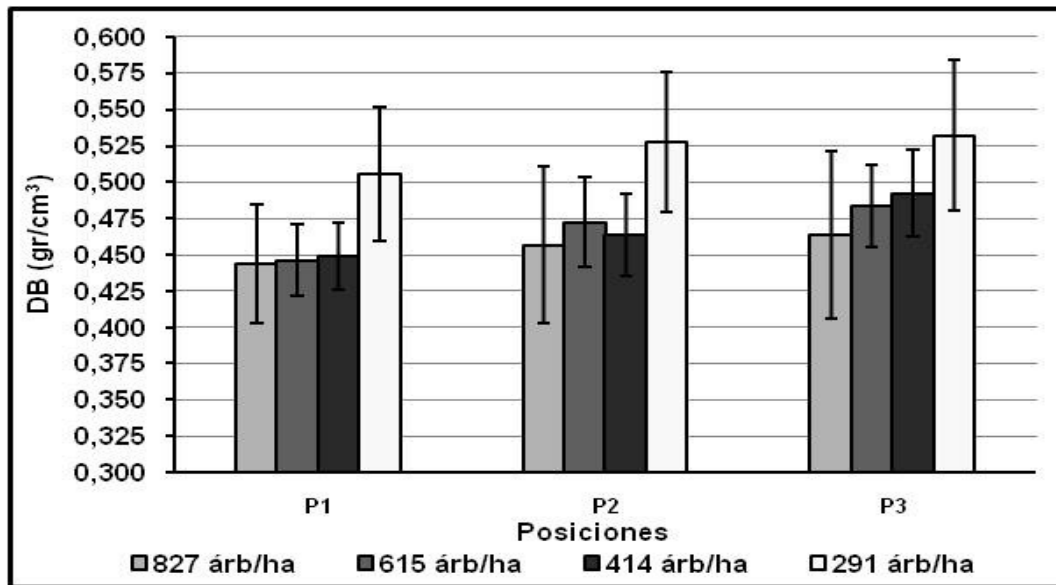


Gráfico 2. Efecto sobre la DB promedio y las barras representan el desvío estándar en las tres posiciones como resultado del aumento del espacio vital en el *E. grandis* a los 16,2 años de edad.

Observando el **Gráfico 2** resulta evidente que para el *E. grandis* la ejecución de prácticas silvícolas como el raleo pueden aumentar la DB de la madera, la cual es deseada (mayor densidad) cuando el destino es el uso sólido, en tanto, los raleos deben ser ejecutados atendiendo la intensidad, la oportunidad y la homogeneidad en la distribución de los árboles remanentes. Pues un raleo con intensidad y oportunidad adecuada puede causar el aumento en los valores de esta propiedad física (DB), pero la falta de simetría en la ubicación de los árboles remanentes luego del raleo ocasionan reorientación de copas e inclinaciones de fustes, derivando en mayores esfuerzos y generando un aumento de las tensiones de crecimiento que los árboles con competencia simétrica CANIZA et al., (2007).

Por otro lado, los valores de desvío estándar son satisfactorios a pesar de la notable variación axial. Se puede advertir un aumento de los desvíos con la posición en altura en todos los tratamientos, encontrándose los mayores desvíos en la P₃ (12,50 m) y la mayor variabilidad de esta propiedad se presentan en los discos provenientes de los tratamientos extremos (827 y 291 árb/ha). Según SOUZA (1986) la causa de esa variación no está bien definida: algunos autores la atribuyen a la formación de madera de reacción y otros al conjunto de factores ligados a las condiciones de crecimiento del árbol.



4. CONCLUSIONES

- La densidad básica de la madera del *E. grandis* puede modificarse mediante el raleo. La densidad básica en el tratamiento con menor cantidad de árboles por hectárea (291) resultó significativamente mayor ($p < 0,0001$) que los tratamientos con 827, 615 y 414 árb/ha a los 16,2 años de edad. La DB de la madera en el tratamiento de 291 árb/ha aumenta en promedio un 12,8% (67 kg/m^3) respecto del tratamiento testigo (827 árb/ha) y un 10,4% ($54,5 \text{ kg/m}^3$) respecto de los tratamientos de 615 y 414 árb/ha.
- La DB tiende a aumentar con la posición axial en el tronco, independientemente de los tratamientos de raleo y la orientación de muestreo (N - S). También existe un aumento de los desvíos con la posición en altura en todos los tratamientos, encontrándose los mayores desvíos en la P_3 (12,50 m) y la mayor variabilidad de esta propiedad se presenta en los discos provenientes de los tratamientos extremos (827 y 291 árb/ha).

5. LITERATURA CITADA

- BERGER, R. 2000. Tese (Mestrado engenharia florestal) **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização.** UFSM SANTA MARIA, RS, BRASIL. 126 f.
- BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. 1971. **Variación da densidade básica da madeira de *Eucalyptus Alba Reinw*, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento.** IPEF n.2/3. Brasil, p129-149.
- CANIZA, F. J.; LOPEZ, J. A.; MONTENEGRO, P.; ASSAME, S.; APARICIO, J. L. 2007. **Variación de las tensiones de crecimiento en tres clones de *Eucalyptus grandis* según el estado de competencia individual.** XXII Jornadas forestales de Entre Ríos, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- CHIES, D. 2005. Tese (Mestrado engenharia florestal) **Influência do Espaçamento sobre a qualidade e o Rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** Curitiba, Brasil. 137 f.



- CORONEL, E. O. 1994. **Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. 1^{ra}**
Parte: “Fundamentos de las propiedades físicas de las maderas”. ITM-FCF-UNSE.
Santiago del Estero. Argentina. 335 p.
- DEBELL, D. S.; KEYES, C.R.; GARTHER, B.L. 2001. **Wood density of Eucalyptus saligna grown in
Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate.**
In Australian Forestry Vol. 64, No. 2 p. 106-110.
- GOULART, M.; HASELEIN, C. R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. 2003. **Massa específica
básica e massa seca de madeira de Eucalyptus grandis sob o efeito do espaçamento
de plantio e da posição axial no tronco.** Ciência Florestal, dezembro, v 13, n 002.
UFSM. Santa Maria, Brasil. P 167 -175.
- LIMA, I. L. 2005. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de
Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden.** Tese (Doutorado em Recursos Florestais) –
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo,
Piracicaba. 137 f.
- LOPEZ, J. A.; FRANICEVICH, E. 1990. **Efecto del espaciamiento inicial en la densidad básica de
la madera de Eucalyptus grandis.** 26° Congreso técnico sobre celulosa y papel,
Buenos Aires, Argentina. p. 47-55.
- MALAN, F. S.; HOON, M. 1992. **Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of
Eucalyptus grandis.** In South African Forestry Journal N° 163, p 13-22.
- MALAN, F. S. 2005. **The effect of planting density on the wood quality of South African-grown
Eucalyptus grandis.** Southern African Forestry Journal. N° 205. p, 31-37.
- MELLO H. A.; SIMÕES, J. W.; MASCARENHAS SOBRINHO, J., DO COUTO, H. T. Z. 1971.
**Influência do espaçamento na produção de madeira de eucalipto em solo de
cerrado. IPEF n.2/3. Brasil, p.3-30.**
- MELLO, H. A.; Simões, J. W.; FERREIRA, C. A.; BRASIL, U. M. 1976. **Influência do espaçamento e
da idade de corte na produção de madeira de Eucalipto em solo de cerrado. IPEF,**
n.13, Brasil. p.143-162.
-



- OLIVEIRA, T. S.; SILVA, J. C. 2003. **Variación radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.** Revista arvore v.27, n.3, Viçosa – MG. p.381 – 385.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS/STAT User's Guide. Release 8.00 Edition. Sitio: INTA 14759001.
- SANQUETTA, C. R.; FILHO, P. C. O.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; DURIGAN, M. E.; KLECHOWICZ, N. A. y NISGOSKI, S. 1998. **Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos I. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Eucalyptus saligna* Sm. Em Itararé-SP.** Em Revista Acadêmica UFPR. Brasil. p. 41-52.
- SCHNEIDER, R. 1998. **Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.8, n.1, p. 129-140.
- SCOLFORO J. R. S. y FILHO, F. A. 1998. **Biometria Florestal: Medição e Volumetria de Arvores.** Universidade Federal de Lavras / Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras, Brasil. 310 p.: il.
- SCOLFORO J. R. S. 1998. **Manejo Florestal.** Universidade Federal de Lavras / Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras, Brasil. 433 p.: il.
- SOUZA, V. R.; CARPIM, M. A.; BARRICHELO, L. E. G. 1986. **Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em arvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*.** IPEF, n.33, Brasil. p. 65-67.
- TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. F. 2007. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 4, Brasil. p. 377-387.
- WILKINS, A. P.; KITAHARA, R. 1991. **Silvicultural treatments and associated growth rates, growth strains and Wood properties in 12.5-year-old *Eucalyptus grandis*.** In Australian Forestry, v. 54, n.1/2, p 99-104.