

## ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN DE PROGENIES DE *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake EN LA REGIÓN DE SELVÍRIA - BRASIL

Moraes, M.A.<sup>1</sup>; Pupin, S.<sup>1</sup>; Souza, C. S.<sup>1</sup>; Miranda, A.C.<sup>2</sup>;  
Silva, P. H. M.<sup>2</sup>; Sasaki, J. L. S.<sup>1</sup> y Moraes, M. L. T.<sup>1</sup>

### RESUMEN

La forma en que los individuos son seleccionados en una prueba de progenie es fundamental en la conservación y mejoramiento genético.

Una prueba de progenie con un total de 26 progenies de *Eucalyptus urophylla*, proveniente de Río Claro-SP, con selección en Anhembi-SP, se instaló en Selvíria-MS el 03/10/1991, con un espaciamiento de 3,0 x 3,0 m, seis plantas por parcela lineales y cuatro repeticiones, en bloques al azar.

El suelo es un Latosol Rojo distrófico, la precipitación anual del lugar es de 1.300 mm y la temperatura media anual es de 25° C. A los 19 años de edad se evaluó lo carácter DAP (diámetro a la altura del pecho) por el procedimiento REML/BLUP, y presentó una media de 27,4 cm.

Con base en este carácter, se utilizaron dos estrategias de selección:

La primera consideró la selección de los primeros 104 mejores individuos independientemente de la progenie a la cual pertenecían, seleccionados por su valor genético dado por BLUP. Esta selección proporciona un tamaño efectivo de 33 y una ganancia en la selección de 3,1%.

En la segunda estrategia se optó por la selección solo dentro de las progenies; los cuatro mejores individuos de cada progenie, lo que proporciona un tamaño efectivo de 59 y una ganancia de 1,8%.

Así, la primera estrategia proporciona una ventaja para la ganancia en la selección de 72%, pero una disminución de 44% para el tamaño efectivo en comparación con la segunda estrategia.

Por lo tanto, el mejorador tiene disponible una estrategia que da prioridad a la ganancia en detrimento de la base genética y otra que da prioridad a la conservación genética en relación con la ganancia en la selección.

Palabras clave: Tamaño efectivo, conservación, mejoramiento genético.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería de Ilha Solteira/UNESP-Ilha Solteira-Brasil. ma\_apmoraes@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Instituto de Investigación y Estudios Forestales/IPEF-Piracicaba-Brasil. paulohenrique@ipef.br

## SUMMARY

In carrying out a progeny test it is essential to conservation and genetic improvement the procedure to select the individuals.

A progeny test including 26 *Eucalyptus urophylla* progenies from Rio Claro-SP, selected in Anhembi-SP, was established on 1991 at Selvíria-MS. Six plants lineal plots at 3.0 x 3.0 m, randomized blocks design and four replications.

Soil is a Red dystrophyc Latosol, rainfall at the place is 1,300 mm and annual medium temperature is 25° C. At 19 years old DBH was evaluated through REML/BLUP method and presented an average of 27.4 cm.

Based on this character, two selection strategies were used:

The first one considered the selection of the 104 best individuals in the trial according to BLUP, gives an affective size of 33 and a 3.1 % selection gain.

Through the second strategy the best four individuals by progeny were selected, the effective size was 59 and the selection gain 1.8%.

That way, the first strategy offers an advantage regarding to selection gain of 72%, but reducing the effective size in 44%, in comparison to the first one.

In conclusion, the breeder can use one strategy to improve the gain with a detriment on the genetic base or another strategy to give the priority to the genetic conservation in detriment of the selection gain.

Key words: Effective size, conservation, genetic improvement.

## INTRODUCCIÓN

La elección del material genético de especies arbóreas para ser implantadas en una región es muy importante y para lograr este objetivo es en condiciones de campo es fundamental emplear materiales con una amplia base genética.

Uno de los géneros que se destaca en esta elección es *Eucalyptus*, por tener amplia base genética y potencial para alcanzar altos niveles de productividad en entornos con mala nutrición y la falta de agua. Actualmente, algunos autores citan hasta 900 especies en este género.

Así, sus especies presentan una amplia dispersión global, estabilidad y capacidad de adaptación, creciendo satisfactoriamente en lugares y situaciones edafoclimáticas distintas a las de sus regiones de origen.

Brasil es reconocido no solo como uno de los países líderes en términos de superficie de plantaciones forestales con especies de eucaliptos, sino que también por un alto desarrollo científico-tecnológico en diversas áreas del cultivo de eucaliptos y por la investigación realizada en universidades, institutos de investigación y empresas forestales.

Entre las numerosas e importantes áreas de investigación cabe destacar la fisiología, la mejora genética y la silvicultura (Alzate *et al.*, 2005). Durante las últimas décadas, el país ha conformado uno de los más importantes bancos de germoplasma de especies del género *Eucalyptus*, con alta productividad y capacidad de adaptación a las regiones productoras (Lavoranti, 2003).

Las especies del género *Eucalyptus* representan 40% de los genotipos de árboles introducidos en los países tropicales, siendo más representativo entre los bosques productivos de Brasil (Martins, 2007).

La Asociación Brasileña de Productores de Bosques Plantados (ABRAF, 2011) informó que el país tenía en 2010 aproximadamente 4.754.334 hectáreas de bosques plantados con eucaliptos, lo que representa 68,2% del total, los cuales son administrados por las unidades industriales de los sectores de pulpa, papel, paneles de madera industrializada y metalurgia la carbón.

Ante esta situación favorable para especies de *Eucalyptus*, es posible encontrar, sobre la base de técnicas de mejoramiento forestal, material genético productivo con estabilidad y capacidad de adaptación para la región de Selvíria, en el estado de Mato Grosso do Sul, que actualmente registra una de las mayores expansiones de las plantaciones de eucaliptos en Brasil.

Una de las especies prometedoras para esta región es el *Eucalyptus urophylla*, especie que alcanza alturas de 30 a 60 m, tiene un buen desarrollo silvícola y su madera es de calidad para pasta, energía y aserradero.

La especie responde bien a los espaciamientos y fertilizantes, tiene un buen desarrollo en la segunda rotación, es resistente a la sequía, pro susceptible a heladas, muestra gran plasticidad y, en especial, presenta resistencia natural a *Cryphonectria cubensis* (Zani Filho *et al.*, 1986; Ferreira, 1992).

Simões y Spina-França (1983) informan que en la región de Três Lagoas-MS, donde es bien marcada la sequía, *E. urophylla*, a los 2,5 años era más tolerante a la sequía que el *E. grandis*, y a su vez más tolerante que *E. saligna* en diferentes espaciamientos estudiados.

Este orden de tolerancia de especies al peligro de déficit hídrico también se observó en la etapa de plántulas en viveros (Zani Filho *et al.*, 1986) y en la etapa de germinación de las semillas en el laboratorio (Façanha y Oliva, 1983), lo que muestra que puede existir una correlación positiva entre las diferentes etapas de crecimiento para ese carácter.

En cuanto a la calidad de la madera, Scanavaca Jr. (2001) y Adorno (2002) estudiaron

las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas con perspectivas de mejoramiento genético de *E. urophylla*, y sus resultados permiten clasificar a la especie como de alta resistencia mecánica, a excepción de la compresión que muestra media resistencia, alta resistencia a contracción, y madera moderadamente pesada,

Estas propiedades pueden permitir buenas ganancias con la selección genética, a excepción de los caracteres de conicidad y de rendimiento de madera.

En las especies forestales, en general, las estrategias básicas para el mejoramiento pueden resumirse en la selección de procedencias y selección individual dentro de la población-base, utilizando la variabilidad existente dentro de las poblaciones y entre individuos.

Para la recombinación del material genético seleccionado, así como para continuar con la selección recurrente, utilizar poblaciones conocidas como áreas de recogida y producción de semillas o huertos de semillas por plantas clonal. Las pruebas de progenie convencionales se utilizan para la selección de individuos superiores (Ferreira, 1992).

Los programas de mejoramiento genético de especies forestales tienen como principales objetivos:

Aumentar la productividad.

La obtención de las materias primas de la más alta calidad.

La mejora de las condiciones de adaptación de las especies.

La tolerancia a las plagas y enfermedades.

El mantenimiento de la variabilidad genética, requisito fundamental para la obtención de ganancias genéticas de larga duración (Moraes *et al.*, 1997).

Estos programas de mejoramiento forestal en general siguen los siguientes pasos: especies de prueba, prueba de procedencias de las especies de mayor potencial, prueba de progenies de los mejores procedencias y la hibridación o selección en la prueba de progenies de hermanos completos.

Uno de los pasos fundamentales en los programas de mejoramiento forestal es el análisis de las pruebas de progenie que permitan la cuantificación de la herencia de los caracteres cuantitativos de valor económico, y estimar las ganancias genéticas esperadas por selección (Vencovsky y Barriga, 1992).

Las pruebas de progenie, instrumentos importantes para el trabajo de los mejoradores, se han utilizado en la estimación de los parámetros genéticos, la selección de las familias y los individuos, cuando se trata de evaluar la magnitud y la naturaleza de la varianza genética disponible, con el fin de cuantificar y maximizar las ganancias genéticas usando el procedimiento de selección adecuado (Costa *et al.*, 2005).

Según Moraes *et al.* (1997) los programas de mejoramiento genético en el sector forestal y la selección de árboles en general se basa en el análisis de caracteres cuantitativos tales como: crecimiento, forma y calidad de madera.

El progreso de la selección de plantas está estrechamente relacionado con el diferencial de selección, es decir, la diferencia entre la media del grupo seleccionado y la media de la población original. Por lo tanto, cuanto mayor sea la presión selectiva, mayor es el diferencial (Paterniani y Miranda Filho, 1987).

## OBJETIVOS

Verificar las ventajas y desventajas de dos estrategias de selección en la prueba de progenie de *Eucalyptus urophylla* para una mejor incorporación de material genético en los programas de mejoramiento genético de la región de Selvíria, Brasil.

## MATERIAL Y MÉTODO

Las progenies de *E. urophylla* son proveniente de Río Claro-SP, con selección en Anhembi-SP. La prueba de progenies de *E. urophylla* se instaló el 03 de octubre de 1991, con espaciamento 3,0 x 3,0 m, con 26 progenies, seis plantas por parcela lineales y cuatro repeticiones, en bloques al azar.

El ensayo se ubicó en la Hacienda de Enseñanza, Investigación y Extensión de la Facultad de Ingeniería de Ilha Solteira, Universidad Estatal Paulista "Julio de Mesquita Filho" (FEIS / UNESP), ubicado en Selvíria-Brasil (20° 20'S, 51° 23'W y altitud de 335 m).

El relieve se caracteriza por ser moderadamente plano y ondulado.

El clima del lugar es tipo Aw según la clasificación de Köppen, la temperatura media anual es de 25° C, la humedad media anual de 66% y la precipitación media anual de 1.300 mm (Hernandez *et al.*, 1995).

El suelo del lugar fue clasificado de acuerdo con el Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos (EMBRAPA, 1999), como Latosol Rojo Distrófico, arcilla típica, A moderada Hipoidstrófico, alic, caulínitico férrico, comprimido, muy profundo, ácido moderadamente (LVd).

A los 19 años de edad se evaluó el DAP (diámetro a la altura del pecho) en cm.

Las estimaciones de componentes de varianza y parámetros genéticos fueron obtenidos por REML/ BLUP (máxima verosimilitud restringida / mejor predicción lineal no contaminada), utilizando el programa estadístico SELEGEN-REML/BLUP-genético desarrollado por Resende (2002 y 2007b).

Para utilizar el modelo propuesto por el programa se asume que las progenies de polinización abierta eran hermanastros. En el análisis se considera el siguiente modelo estadístico:

$$y = Xr + Za + Wp + e$$

Donde:  $y$  es el vector de los datos

$r$ : Es el vector de los efectos de la repetición (que se supone fijo) que se añade a la media general

$a$ : Es el vector de efectos genéticos aditivos individuales (que se supone aleatorio)

$p$ : Es el vector de una parte (que se supone aleatorio)

$e$ : Es el vector de errores o residuos (valor aleatorio).

Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para estos fines (Resende, 2007a,b).

La estimación de ganancias en la selección se llevó a cabo con el objetivo de seleccionar individuos superiores sobre la base del DAP y el empleo de los índices de multiefectos, de acuerdo

con la metodología propuesta por Resende (2002).

Una ventaja de este método es la selección al reducir el peso dado a la media general de la progenie, lo que permite una mejor distribución de los individuos seleccionados.

El Índice de multiefectos (IME) tiene la expresión:

$$\hat{I} = \hat{b}_1 Y_{ijk} + (\hat{b}_2 - \hat{b}_3) \bar{Y}_{i..} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_1) \bar{Y}_{ij.} - \hat{b}_3 \bar{Y}_{.j.} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_2) \bar{Y}_{...}$$

Donde:  $\bar{Y}_{...}$  = media general del experimento

$Y_{ijk}$  = valor individual

$\bar{Y}_{i..}$  = media de progenie del experimento

$\bar{Y}_{ij.}$  = media de progenie en bloque (media de la parcela)

$\bar{Y}_{.j.}$  = media del bloque

$\hat{b}_1 = \hat{h}_d^2$  = heredabilidad en sentido estricto, dentro de las parcelas

$\hat{h}_d = \frac{(3/4)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}$ ;  $\hat{b}_2 = \hat{h}_m^2$  = heredabilidad media, en sentido limitado del carácter en estudio

$\hat{h}_m^2 = \frac{[(3 + n.b)/(4.n.b)]\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{n.b}}$ ;  $\hat{b}_3 = \hat{h}_p^2$  = heredabilidad, en sentido

limitado, del carácter en estudio:  $\hat{h}_p^2 = \frac{[3/(4.n)]\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_e^2 + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{n}}$ .

El tamaño efectivo de la población ( $N_e$ ) se estimó con base en Resende (2002):

$$N_e = (4.N_f \bar{k}_f) / [\bar{k}_f + 3 + (\hat{\sigma}_{kf}^2 / \bar{k}_f)]$$

Donde:  $N_f$  = número de progenies seleccionadas

$\hat{\sigma}_{kf}^2$  = variación en el número de individuos seleccionados por progenie

$\bar{k}_f$  = número promedio de individuos seleccionados por progenie.

La diversidad genética ( $D$ ) después de la selección, cuantificada conforme Wei y Lindgren (1996):

$$D = N_{ef} / N_{fo}$$

Donde:  $0 < D \leq 1$ ,

$N_{fo}$  = número original de progenies

$N_{ef}$  = número efectivo de progenies seleccionadas, siendo dado

$$\text{por: } N_{ef} = (\sum k_f)^2 / \sum k_f^2$$

Con estas estimaciones se han propuesto dos estrategias de selección, basadas en el DAP para conservar el material genético y la formación de una población base para futuros programas de mejoramiento:

a) Selección de los 104 mejores individuos en la prueba de progenies de *E. urophylla*, con base en la clasificación realizada por BLUP, en orden descendente, el análisis en SELEGEN. En las progenies seleccionadas podría haber cualquier número de individuos entre 1 y 24 ( $k_f = \forall$ )

b) Selección de los cuatro mejores individuos dentro de cada una de las 26 progenies, por un total de 104 individuos (26 x 4).

## RESULTADOS

El experimento mostró un promedio de 27,4 cm DAP en las progenies de *E. urophylla*.

Con base en este carácter se utilizaron dos estrategias de selección:

La primera considera la selección de los primeros 104 mejores individuos, independientemente de la progenie, seleccionados por su valor genético dado por BLUP.

Esta selección proporciona una diversidad genética de 43,70%, un tamaño efectivo de 33 y una ganancia en la selección de 3,1%.

La segunda estrategia fue selección solo dentro de las progenies, es decir, los cuatro mejores individuos de cada progenie, que proporcionan una diversidad genética del 100%, un tamaño efectivo de 59 y una ganancia de 1,8%.

Comparando las dos condiciones de selección, la primera selección tiene una eficiencia del 72% en relación a la segunda selección (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN PARA EL CARÁCTER DAP EN PRUEBA DE PROGENIES**

	Selección de los Mejores Individuos		Selección Dentro de Progenies	
	Prog	$k_f$	Prog	$k_f$
	2	4	1	4
	4	2	4	4
	5	1	5	4
	6	9	6	4
	7	1	7	4
	10	5	8	4
	11	15	9	4
	12	2	10	4
	13	4	11	4
	14	1	12	4
	15	4	14	4
	17	2	17	4
	18	3	18	4
	19	9	19	4
	20	13	20	4
	22	7	21	4
	23	13	22	4
	25	9	23	4
			24	4
			25	4
			26	4
$n$ : N° individuos seleccionados		104		104
$N_{fo}$ : N° de progenies de prueba		26		26
$N_f$ : N° de progenies seleccionadas		18		26
$\bar{k}_f$ : N° promedio de individuos seleccionados por progenie		5,8		4,0
$\hat{\sigma}_{kf}^2$ : Varianza en el N° de individuos seleccionados por progenie		20,65		0
$N_e$ : Tamaño efectivo		33,7		59,4
$\mu(cm)$ : Media general		27,4		27,4
$\hat{a}(cm)$ : Efecto genético aditivo		0,84		0,49
$\hat{G}_s(\%)$ : Ganancia en la selección		3,1		1,8
$Ef.(\%)$ : Eficiencia de la selección de los mejores individuos en relación con la selección dentro de progenies		71,8		-
$\hat{D}$ : Diversidad genética después de la selección		0,4370		1,0

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las progenies de *E. urophylla* mostraron incremento medio anual (IMA) de 1,44 cm de DAP a los 19 años de edad. Silva (2003) obtiene para la especie, a los 10 años de edad, IMA 1,95 cm en DAP en Selvíria (MS, Brasil). Souza *et al.* (2011) obtiene, a los 17 años de edad, IMA de 1,40 cm en DAP para la especie en Selvíria (MS, Brasil). En *E. camaldulensis*, Moraes *et al.* (2007) obtienen IMA de 0,96 cm en DAP, a los 19 años, en Luiz Antonio (SP, Brasil). Esta comparación muestra que el valor obtenido en este estudio demuestra el alto potencial para el uso de este material para la reforestación en la región de Selvíria (MS, Brasil).

La ganancia en la selección, como un porcentaje de la media del carácter seleccionado (GS%), muestra cómo la variable de selección diferencial y heredabilidad ( $G_s = h^2 \cdot D_s$ ). El diferencial de selección es el producto de la intensidad de selección estandarizado, en unidades de desviación estándar fenotípicas, de la variable que está siendo seleccionada por la desviación estándar fenotípica.

Por lo tanto, la elección de la intensidad de selección es de gran importancia en la estimación de estas ganancias, ya que, con la posible transformación de esta prueba de progenies en el huerto de semillas por plantas, la elección de la intensidad de selección debería proporcionar una ganancia satisfactoria que no afecta a la polinización del huerto, para evitar problemas de endogamia (Moraes, 1987) o cruzamientos correlacionados.

En este estudio, se optó por una selección de 16,7% entre los individuos, es decir, de un total de 624 individuos fueron seleccionadas 104, y de 16,7% dentro de progenies, es decir, de 24 individuos fueron seleccionadas cuatro.

El uso de IME, según Resende e Higa (1994), permite explorar fracciones de la varianza genética aditiva que no son considerados en la selección entre y dentro de las progenies, que conduce a la maximización de la precisión en la selección, aunque en muchos casos, la inclusión de los efectos de parcela y de bloques puede cambiar la selección de forma no-significativa.

En el análisis, se consideraron 104 árboles y las situaciones siguientes:

- a) teniendo en cuenta los 104 mejores individuos, independientemente del número de individuos por progenie (kf variable)
- b) aplicar el IME a los individuos que serían seleccionados por la selección dentro de progenies (kf igual para todas las progenies).

En la condición de kf variable 18 progenies fueron seleccionadas, un mayor número de individuos por progenie (5,8) con una ganancia genética de 0,84 cm, en promedio de 27,4 cm (ganancia 3,1%). Los 104 individuos seleccionados representan un tamaño efectivo de la población ( $N_e$ ) de 33, y la variación genética original de la prueba de progenies habría mantenido en 43,70%.

En la condición de selección dentro de las progenies fue seleccionado un número más pequeño de individuos por progenie (4) y la ganancia genética se estimó en 0,49 cm (1,8%). Los individuos seleccionados representan una población efectiva ( $N_e$ ) de 59 y la variabilidad original de la prueba se mantiene en 100%.

La eficiencia de la selección de la primera estrategia en comparación con la segunda estrategia es de aproximadamente 72%, pero hay una disminución de 44% para el tamaño efectivo en relación con la segunda estrategia.

Por lo tanto, el mejorador tiene disponible una estrategia que da prioridad a la ganancia en detrimento de la base genética y otra que da prioridad a la conservación genética en relación con la ganancia en la selección, siendo ambas prometedoras, ya que las progenies mostraron un buen desarrollo en la región de Selvíria (MS, Brasil).

## REFERENCIAS

- ABRAF, 2011.** Anuário Estatístico da ABRAF Associação Brasileira de Florestas. Año base 2010. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Consulta 13 enero 2012.
- Adorno, M. F. C., 2002.** Propriedades tecnológicas relacionadas com as tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill Maiden e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, utilizadas como indicadores para o melhoramento da madeira serrada, Piracicaba. 164 p. (Mestrado – ESALQ/USP).
- Alzate, S. B. A.; Filho, M. T. e Piedade, S. M. S., 2005.** Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. Scientia Forestalis, Piracicaba, n.68, p.87-95.
- Costa, R. B.; Resende, M. D. V.; Contini, A. Z.; Rego, F. L. H.; Roa, R. A. R. e Martins, W. J. 2005.** Avaliação genética dentro de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), na região de Caarapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. Ciência Florestal, n.15, p.371-376.
- EMBRAPA, 1999.** Sistema brasileira de classificação de solos. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA/CNPQ.412p.
- Façanha, J. G. V. e Oliva, M. A., 1983.** Germinação de *Eucalyptus* spp sob condições de stress hídrico. Silvicultura, São Paulo, v.28, p.176-7.
- Ferreira, M., 1992.** Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. Scientia Forestalis, n.45, p.22-30.
- Hernández, F. B. T.; Lemos Filho, M. A. F. e Buzetti, S., 1995.** Software Hidrisa e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP/FEIS. 45p. (Série Irrigação, 1).
- Lavoranti, O. J., 2003.** Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI. 166p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Martins, F. B., 2007.** Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith). 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- Moraes, M. L. T., 1987.** Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MORAES, M.L.T.; HIGA, A.R.; CAVENAGE, A.; KANO, N.K. 1997.** Avaliação da densidade básica da madeira e de sua relação com os caracteres de crescimento, em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*. Embrapa, Salvador, Brazil, p.43-47.
- Moraes, M. L. T.; Zanatto, A. C. S.; Morais, E.; Sebbenn, A. M.; Freitas, M. L. M., 2007.** Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antonio/SP. Revista Instituto Florestal, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 113 - 118.
- Paterniani, E.; Miranda Filho, J. B., 1987.** Melhoramento de populações. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. Melhoramento de milho no Brasil. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill. p.217-65.
- Resende, M.D.V., 2002.** Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 975p.
- Resende, M.D.V., 2007a.** Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: EMBRAPA Florestas. 561p.
- Resende, M. D. V., 2007b.** SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: EMBRAPA Florestas. 359p.
- Resende, M. D. V.; Higa, A. R., 1994.** Estimación de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e seus parentes. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, v. 1, n. 28 - 29, p. 11 – 36.
- Scanavaca Júnior, L., 2001.** Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e de seu potencial para utilização em serraria. Piracicaba. 108 p. (Mestrado – ESALQ/USP).

**Silva, L. D. C., 2003.** Variação genética e métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

**Simões, J. N.; Spina-França, F., 1983.** Produção de madeira em florestas energética sob diferentes práticas silviculturais – Relatório final – Simpósio da Energia da Biomassa Florestal – Convênio CESP/IPLEF: 1-36, São Paulo.

**Souza, C. S.; Freitas, M. L. M.; Moraes, M. L. T., Sebbenn, A. M. 2011.** Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres quantitativos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla*. Floresta. Curitiba. v. 41, n. 4, p. 847-856.

**Vencovsky, R. e Barriga, P., 1992.** Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 486p.

**Wei, R. P. and Lindgren, D., 1996.** Effective family number following selection with restrictions. Biometrics, Arlington, v. 52, p. 198 - 208.

**Zani Filho, J.; Balloni, E. A. e Gonçalves, J. L. M. 1986.** Tolerância de mudas de diferentes espécies/procedências de *Eucalyptus* à deficiência hídrica em 2 substratos. In: Congresso Florestal Brasileiro, 5, Olinda, Anais..., p.1-24.

