

Revista do --- INSTITUTO FLORESTAL

v. 27 n. 2 dez. 2015

Revista do Instituto Florestal

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIA DO MEIO AMBIENTE

Patrícia Faga Iglecias Lemos

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Edgar Fernando de Luca

ISSN Online 2178-5031



Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

v. 27 n. 2 p. 121 - 194 dez. 2015

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

São Paulo, Instituto Florestal.

1989, 1(1-2)	1999, 11(1-2)	2009, 21(1-2)
1990, 2(1-2)	2000, 12(1-2)	2010, 22(1-2)
1991, 3(1-2)	2001, 13(1-2)	2011, 23(1-2)
1992, 4	2002, 14(1-2)	2012, 24(1-2)
1993, 5(1-2)	2003, 15(1-2)	2013, 25(1-2)
1994, 6	2004, 16(1-2)	2014, 26(1-2)
1995, 7(1-2)	2005, 17(1-2)	2015, 27(1-2)
1996, 8(1-2)	2006, 18	
1997, 9(1-2)	2007, 19(1-2)	
1998, 10(1-2)	2008, 20(1-2)	

Esta publicação é indexada no Academic Journal Database, AGRIS, Directory of Open Access Journal – DOAJ, Latindex, Open Access Library – OALib e Sumários de Revistas Brasileiras.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

Instituto Florestal
Rua do Horto, 931
02377-000 – São Paulo – SP
Telefone/ Fax: (11) 2231-8555 – ramal: 2043
<http://www.iflorestal.sp.gov.br>
Email: publica@if.sp.gov.br

Tiragem: 300 exemplares

CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla – **EDITOR-CHEFE/EDITOR-IN-CHIEF**

Eduardo Luiz Longui – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

Maurício Ranzini – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin
FCA – UNESP – Botucatu

Antonio Ludovico Beraldo
FEAGRI – UNICAMP

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Claudio de Moura
Instituto Florestal

Daniela Fessel Bertani
Instituto Florestal

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Humberto Gallo Júnior
Instituto Florestal

Ingrid Koch
UFSCAR – Sorocaba

João Carlos Nucci
UFPR

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Leonardo Alves de Andrade
UFPB – Areia

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal

Milton Cezar Ribeiro
IB – UNESP – Rio Claro

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agronômico de Campinas

Solange Terezinha de Lima-Guimarães
IGCE – UNESP – Rio Claro

CONSELHO EDITORIAL/EDITORIAL COUNCIL

Alain Philippe Chautems – *Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève, Suíça*

Eduardo Salinas Chávez – *Universidad de la Habana, Cuba*

Fábio de Barros – *Instituto de Botânica*

Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues – *UFSCAR – Sorocaba*

George John Shepherd – *IB-UNICAMP*

Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo – *Instituto de Botânica*

Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – *IB-USP*

Robin Chazdon – *The University of Connecticut, EUA*

Sueli Angelo Furlan – *FFLCH-USP*

Walter de Paula Lima – *ESALQ-USP*

REVISÃO DO VERNÁCULO/LÍNGUA INGLESA
PORTUGUESE/ENGLISH REVIWER
Yara Cristina Marcondes

REVISÃO FINAL
FINAL REVIEW
Yara Cristina Marcondes

REVISÃO DE LÍNGUA ESPANHOLA
SPANISH REVIEWERS
Ivan Suarez da Mota

EDITORIAÇÃO GRÁFICA
GRAPHIC EDITING
Filipe Bernardino Barbosa
Yara Cristina Marcondes

TRATAMENTO DE IMAGENS
IMAGE EDITING
Filipe Bernardino Barbosa

CRIAÇÃO DA CAPA
COVER ART
Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Regiane Stella Guzzon

ANALISTAS/REFEREES

Alexandre Magno Sebbenn
Instituto Florestal

Deivid Lopes Machado
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Edson Possidônio Teixeira
Instituto Agrônomo

Eduardo Luiz Longui
Instituto Florestal

Flaviana Maluf de Souza
Instituto Florestal

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla
Instituto Florestal

Israel Luiz de Lima
Instituto Florestal

Léo Zimback
Instituto Florestal

Matheus Peres Chagas
Universidade Federal de Goiás

Miguel Luiz Menezes Freitas
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
EMBRAPA Colombo

Pedro José Ferreira Filho
Universidade Federal de São Carlos

Ugo Leandro Belini
Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Radial variation of tracheid features, specific gravity and growth rings in *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze planted in Cunha-SP. Variação radial das características das traqueídes, densidade aparente e anéis de crescimento em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze plantadas em Cunha-SP. Camila Moura SANTOS; Roberto STARZYNSKI; Eduardo Luiz LONGUI; Diego ROMERO; Israel Luiz de LIMA; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM 127-135
- Seleção de clones de *Hevea brasiliensis* para a região de Mococa, estado de São Paulo. Clone selection of *Hevea brasiliensis* to Mococa region, state of São Paulo. Israel Luiz de LIMA; Hugo Rodrigo MACEDO; Paulo Boller GALLO; Paulo de Souza GONÇALVES; José Nivaldo GARCIA; Eduardo Luiz LONGUI; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Alexandre Magno SEBBENN 137-143
- Estimativas de parâmetros genéticos para la selección de clones de *Eucalyptus* en la región de Botucatu, SP. Prediction of genetic parameters for selection of clones of *Eucalyptus* in Botucatu, SP. Cristiano Bueno de MORAES; Evandro Vagner TAMBARUSSI; Fernanda Maria ABÍLIO; Ana Beatriz Marques HONÓRIO; Suzanny Héllen Viana LEAL; Edwin Camacho PALOMINO; Edmar Vinícius de CARVALHO; Léo ZIMBACK; Edson Seizo MORI 145-153
- Sobrevivência e crescimento de espécies tropicais madeiras em consórcio com espécie pioneira em diferentes proporções. Survival and growth of tropical timber species intercropped with pioneer species in different proportions. Caio Eduardo Melo de SOUZA; Osmar VILAS BÔAS; Giselda DURIGAN 155-165
- Volume de madeira de *Pinus taeda* L. em diferentes espaços vitais de crescimento. Wood volume of *Pinus taeda* L. at different growing spacings. Rodrigo LIMA; Sebastião do Amaral MACHADO; Afonso FIGUEIREDO FILHO; Mario Takao INOUE; João Maurício PACHECO 167-175

NOTAS CIENTÍFICAS/SCIENTIFIC NOTES

- Utilização do SPAD-502 para a predição dos teores de nitrogênio em mudas de *Croton urucurana* Baill. (Nota Científica). Use of SPAD-502 to predict nitrogen content in *Croton urucurana* Baill. seedlings (Scientific Note). Glaucia UESUGI; João Ricardo FAVAN; Cristiano Bueno de MORAES; Thayana Cristina Rebello WANGINIAK; Magali Ribeiro da SILVA 177-181
- Ocorrência e danos de térmitas na madeira de *Acacia mearnsii* (Fabaceae) em dois campos de apodrecimento (Nota Científica). Occurrence and damage of termites in wood of *Acacia mearnsii* (Fabaceae) in two decaying fields (Scientific Note). Amanda Grassmann da SILVEIRA; Elio José SANTINI; Rômulo TREVISAN; Luciano Campos CANSIAN; Lilian Gonçalves MARIANO 183-189

**RADIAL VARIATION OF TRACHEID FEATURES, SPECIFIC GRAVITY AND
GROWTH RINGS IN *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze PLANTED IN CUNHA-SP¹**

**VARIAÇÃO RADIAL DAS CARACTERÍSTICAS DAS TRAQUEÍDES, DENSIDADE APARENTE
E ANÉIS DE CRESCIMENTO EM *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze
PLANTADAS EM CUNHA-SP¹**

Camila Moura SANTOS²; Roberto STARZYNSKI²; Eduardo Luiz LONGUI^{2,3}; Diego ROMEIRO²;
Israel Luiz de LIMA²; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM²

ABSTRACT – We investigated wood features along growth rings of *Araucaria angustifolia* trees planted between November and December of 1980 in Parque Estadual da Serra do Mar in Cunha, State of São Paulo, Brazil. Our goal was to determine radial variation of the tracheid features and specific gravity. For these analyses, we employed the usual methodologies for determining the tracheid dimensions by maceration. Based on the relationship between weight/volume of samples and growth rings, specific gravity was determined after discs were polished. Following the Typical Radial Pattern – (TRP), we observed a significant increase in length, diameter and wall thickness of tracheids toward the bark. Positive relationships were observed between all tracheid features and specific gravity, showing that the increase in length and, especially, wall thickness contributed to the increase in specific gravity toward the bark.

Keywords: Araucária; gymnosperms; Brazilian native woods; wood properties.

RESUMO – Neste estudo, investigamos os anéis de crescimento e a variação radial das traqueídes na madeira de árvores de *Araucaria angustifolia* plantadas entre novembro e dezembro de 1980 no Parque Estadual da Serra do Mar em Cunha, Estado de São Paulo, Brasil. Nosso objetivo foi determinar a variação das características das traqueídes e densidade aparente. Nessas análises, empregamos metodologias usuais para estabelecer as dimensões das traqueídes pelo método de maceração. Com base na relação massa/volume das amostras e anéis de crescimento, a densidade aparente foi determinada após o polimento dos discos. De acordo com o Típico Padrão Radial – (TRP), observamos aumento significativo no comprimento, diâmetro e espessura da parede das traqueídes em direção à casca. Relações positivas foram observadas entre todas as características das traqueídes e a densidade aparente, mostrando que o aumento do comprimento e, especialmente, da espessura de suas paredes contribuem positivamente para o aumento da densidade aparente em direção à casca.

Palavras-chave: Araucária; gimnospermas; madeiras nativas do Brasil; propriedades da madeira.

¹Received for analysis on 17.04.15. Accepted for publication on 02.09.15.

²Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

³Corresponding author: Eduardo Luiz Longui – edulongui@gmail.com

1 INTRODUCTION

A. angustifolia wood has good physical and mechanical qualities, which have helped it to become the major wood used in southern Brazil for many years, highlighting its economic importance in Brazil. *A. angustifolia* has been exported to the United States (Kukachka, 1969), but current conservation efforts have reduced its use, while, at the same time, the plantations and use of *Pinus* species has increased in Brazil. Nonetheless, due *A. angustifolia* has timber potential, it is interesting to study the structural and density variations from pith to bark to broaden our knowledge of variation in this species. There are reports that more than 100 million *A. angustifolia* trees have been cut between 1930 and 1990. Due to these practices, currently the exploiting of species is controlled by laws (Brasil, 2015).

Other studies evaluated the variations in *A. angustifolia* wood, (e.g., Paula and Alves (1997); Wehr and Tomazello Filho (2000); Oliveira et al. (2010); Melo et al. (2010) and Mattos et al. (2011)), but we have no knowledge about wood characteristics or planting conditions in Cunha-SP.

Some studies have attested to the potential of *A. angustifolia* for dendrochronological studies (Seitz and Kanninen, 1989; Tomazello Filho, 1998; Roig, 2000). This species has growth rings based on the difference between earlywood, which has a light color caused by tracheids with thin cell walls, and latewood, which has a dark color caused by tracheids with thick cell walls (Santarosa et al., 2007).

Oliveira et al. (2007), Zanon (2007) and Oliveira et al. (2009) reported that growth rings are formed each year.

Our goal was to evaluate the radial variation of the tracheid features and specific gravity in wood of *Araucaria angustifolia* trees planted in Cunha municipality, São Paulo State, Brazil. In this analysis, we propose to a) confirm the Typical Radial Pattern – TRP, as mentioned by Lachenbruch et al. (2011), that includes differences in juvenile wood when compared to mature wood and b) determine which period of the year growth rings are formed based on a climatic diagram from Cunha.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Description of Experimental Area

Samples were collected at Serra do Mar State Park-Cunha – PESM-Cunha, located in Cunha municipality, São Paulo State, Brazil, at the coordinates 23°13' and 23°16' South latitude and the meridians 45° 02' and 45°05' West longitude, at an altitude above 1,000 meters. The region is mountainous, and the original vegetation is dense rain forest (Atlantic Forest) (Cicco et al., 2007). This area (Figure 1) is distinguished by a wet, rainy season from October to March and a somewhat wet, but mostly dry, season from April to September. The average annual air temperature is 16.5 °C, the average winter air temperature is 10 °C, while the average summer air temperature is 22° (Arcova, 1996).

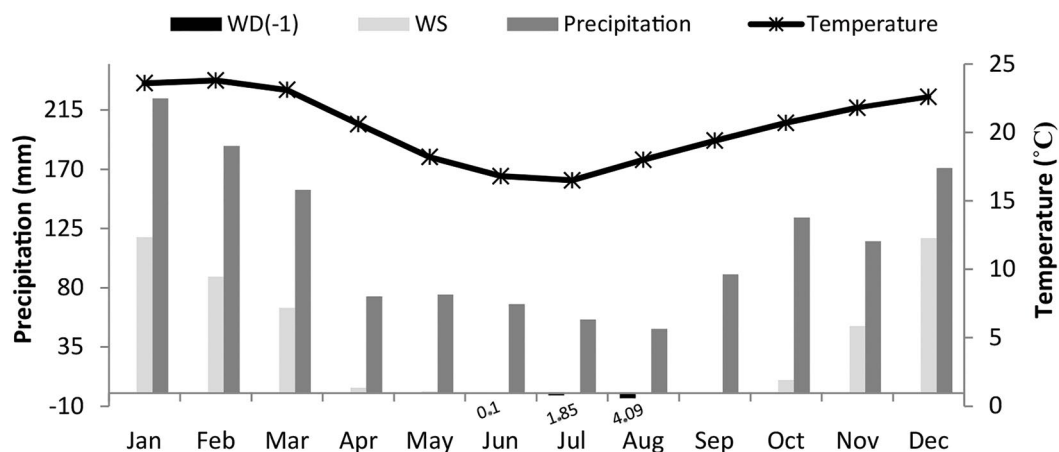


Figure 1. Climatic data for the City of Cunha, compiled from the Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI (Center of Meteorological and Climate Research Applied to Agriculture – CEPAGRI), database (CEPAGRI, 2012) of 1961-1990. WD = water deficit, WS = water surplus.

Figura 1. Dados climáticos para a cidade de Cunha, perto do PESM-Cunha. Compilados a partir dos dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI (CEPAGRI, 2012) de 1961-1990.

2.2 Sampling, Wood Anatomy and Specific Gravity Analysis

A. angustifolia planting was performed in November and December of 1980 to restore the vegetation, using seeds that originated from Campos do Jordão-SP. Samples were collected from three female trees that fell between 2008 (two trees) and 2010 (one tree). From each tree, we took a disc at breast height, DBH (1.3 m from the ground). The discs (≈ 25 cm in diameter and ≈ 10 cm deep) were polished with an electric planer and sandpaper (600-1000 grits) to show the growth rings, which were analyzed with a 10x hand lens and then marked with pencil with a Carl Zeiss Jena Citoval 2 stereomicroscope. Next, the samples were scanned in a Hewlett Packard Officejet Pro 8500 scanner at 1200 ppi and high bit depth. Measurements of growth ring width were made from pith to bark using the Image Pro Plus software, version 6.3.

We cut a strip (each disc) from pith to bark to provide samples for wood anatomy and specific gravity. For wood anatomy we remove fragments from each growth ring and prepared according to the methods developed by Johansen (1940). Dissociated tracheids were placed on a slide, and the length, diameter and wall thickness of tracheids were measured ($n = 25$ for each growth ring) according to IAWA Committee (1989). Digital photos were taken in the stereo microscope and the measurements were made with the Image Pro Plus software, version 6.3.

We took three samples (2 x 23 cm) every five growth rings (1, 5, 9, 13, 17, 21 and 25), totaling 21 samples per tree to determine the specific gravity (G12). Samples were dried at standard temperature to reach about 12% moisture content to obtain the volume of wood. Then, the oven-dry mass samples were determined with semi-analytical balance. Specific gravity was determined from the relationship between the sample mass and volume of water displaced when it was immersed in a graduated cylinder containing water. The following equation was used:

$\rho_{ap} = P_u/V_u$, where ρ_{ap} = specific gravity, kg m⁻³, P_u = oven-dry weight of wood, (kg) and V_u = dry volume of wood m³ (Glass and Zelinka, 2010).

2.3 Statistical Analysis

We employed a logarithmic regression function, which was the best model from the data distribution, to assess the radial variation in the growth ring diameter, tracheid dimensions and specific gravity and linear regression to relate the tracheid features to specific gravity. Statistical analysis was performed employing the SigmaStat 3.5 software for Windows (SPSS Incorporation).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Radial Variation of Tracheid Features and Specific Gravity

A significant increase in length, diameter and wall thickness of tracheids was observed toward the bark (Figure 2a-c). This result confirms the Typical Radial Pattern – TRP, as noted by Lachenbruch et al. (2011). The same pattern was described by Paula and Alves (1997) for *A. angustifolia*.

Lachenbruch et al. (2011) describe the complexity and interactions in the development of woody plants that may cause the typical radial pattern and the authors mention that gradual radial variations are the rule in many properties of wood. However, it is interesting to determine whether these changes are ontogenetically fixed or plastic, and triggered by factors that vary as the plant grows. Day et al. (2002) and Day and Greenwood (2011) present three potential models to describe age-related changes in plant development, including: intrinsic control, which is programmed by gene expression; extrinsic control, which is related to changes induced by the environment; and extrinsic-intrinsic control, involving the change in gene expression by external signals.

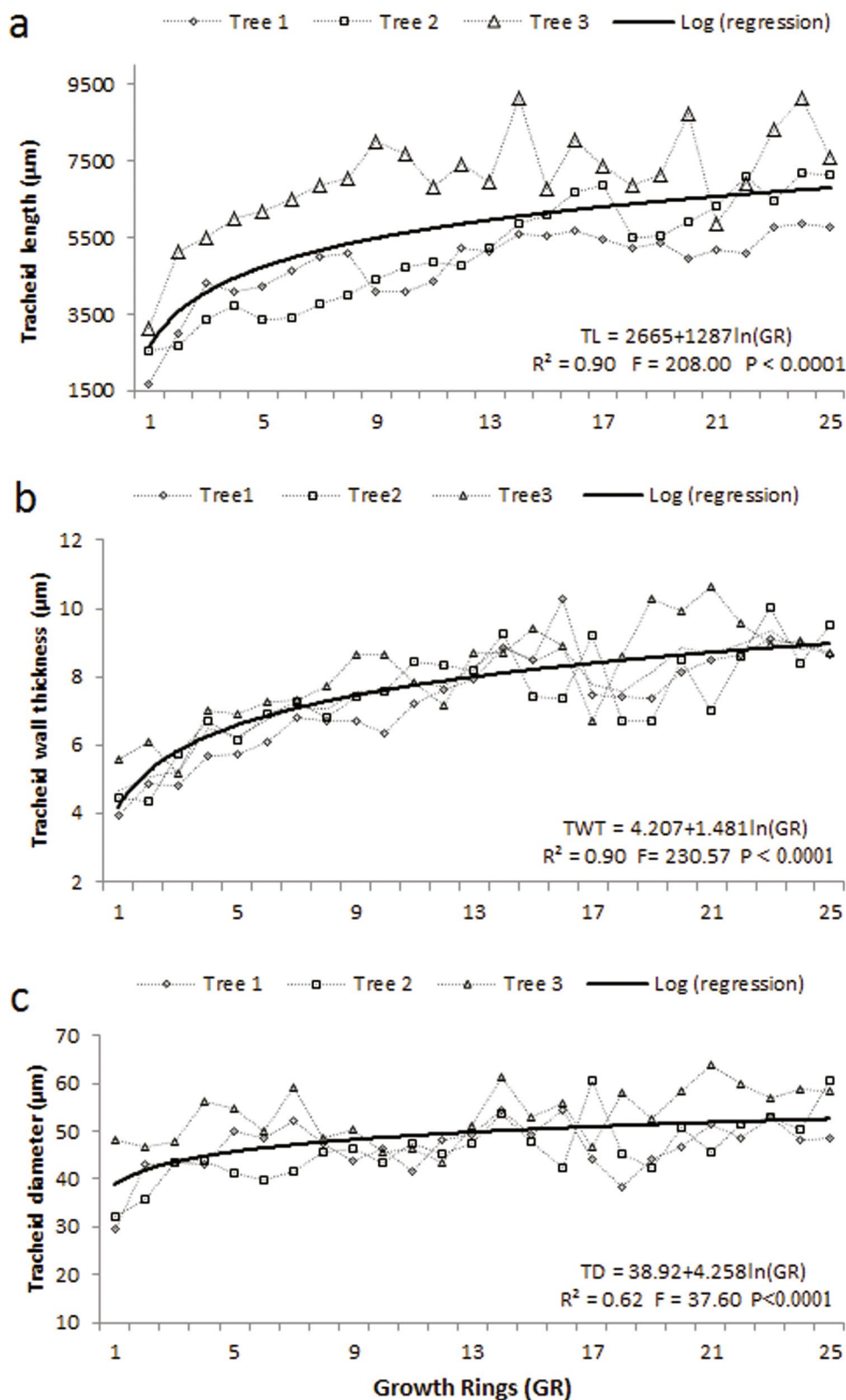


Figure 2. Radial variation in tracheid length (a), wall thickness (b) and diameter (c) of *Araucaria angustifolia* wood.

Figura 2. Variação radial no comprimento (a), espessura da parede (b) e diâmetro (c) das traqueídes de *Araucaria angustifolia*.

Radial variation in *A. angustifolia* seems to result from intrinsic control in that it is genetically programmed. In support of this notion, Oliveira et al. (2010) reported that the trees of *A. angustifolia* share a common pattern of growth associated with variations in temperature during the current and previous growth season, even when growing in different disturbance regimes. However, a study of heritability in tracheids for *A. angustifolia* would be needed to confirm this hypothesis.

In *Podocarpus lambertii*, another gymnosperm species native to Brazil, tracheid length increased toward the bark, while the diameter showed little change, and no change was noticed in wall thickness (Maranho et al. 2006). These results do not support TRP, suggesting another radial variation pattern in this species.

Anatomical variations observed in this study appear to influence the wood properties of *A. angustifolia*, as supported by Melo et al. (2010) who found a higher dimensional instability near the pith and increased mechanical strength of wood taken from the most external positions close to the bark, possibly linked to larger cells and thicker walls.

On the other hand, no stabilization in the tracheid features were found, although the results of the present study found the average cell size near to the bark to be 6.5 mm in length, 51.5 μm in diameter and 8.7 μm in wall thickness on wood formed between the 25th and 27th year. These results are similar to those described by

Mattos et al. (2006), who characterized the wood of 38-year-old *A. angustifolia* trees, noting tracheids 5.84 mm in length, 54.95 μm in diameter, and 7.3 μm in wall thickness. These similarities suggest that 25-year-old wood of *A. angustifolia* trees can be considered adults.

We observed a significant increase in specific gravity toward the bark (Figure 3). This agrees with the result of Melo et al. (2010) who found specific gravity of 0.39 g.cm⁻³ in the juvenile wood and 0.48 g.cm⁻³ in adult wood. By studying the axial variation in three gymnosperm species, including *A. angustifolia*, Mattos et al. (2011) found a decrease in wood density from base to top of trunk. This result is related to radial variation, since cambial age changes, and wood closest to the bark was formed by younger cambium. According to Moreschi (2005), increase in specific gravity toward the bark is common for many conifers. However, when Wehr and Tomazello Filho (2000) applied X-ray microdensitometry to study *A. angustifolia* growth rings, they reported that wood density showed only small variations with uniformity from pith to bark. Rolim and Ferreira (1974) studied radial variation in basic density in *A. angustifolia* from stands in Capão Bonito, São Paulo State (two male and two female trees), and the authors concluded that basic density increases up to 15 years old, with growth more pronounced up to 9 years and less pronounced after this age. We could not establish an age range with more pronounced growth.

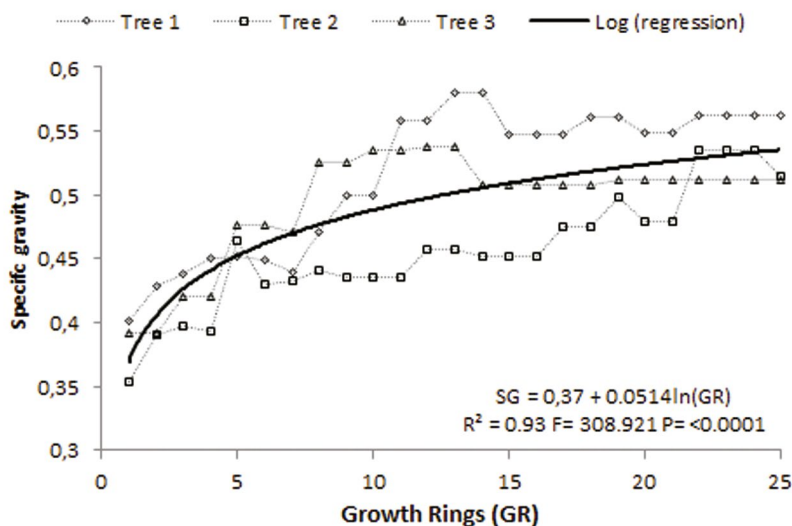


Figure 3. Radial variation in the specific gravity of *Araucaria angustifolia* wood.

Figura 3. Variação radial da densidade aparente da madeira de *Araucaria angustifolia*.

3.2 Relationship between Tracheid Features and Specific Gravity

We observed a positive relationship between all tracheid features and specific gravity (Figure 4), showing that the increase in length and,

especially, wall thickness contributed to the increase in specific gravity toward the bark. We observed the same pattern in these features in many studies from our group in angiosperm species (Longui et al., 2009; Longui et al., 2012).

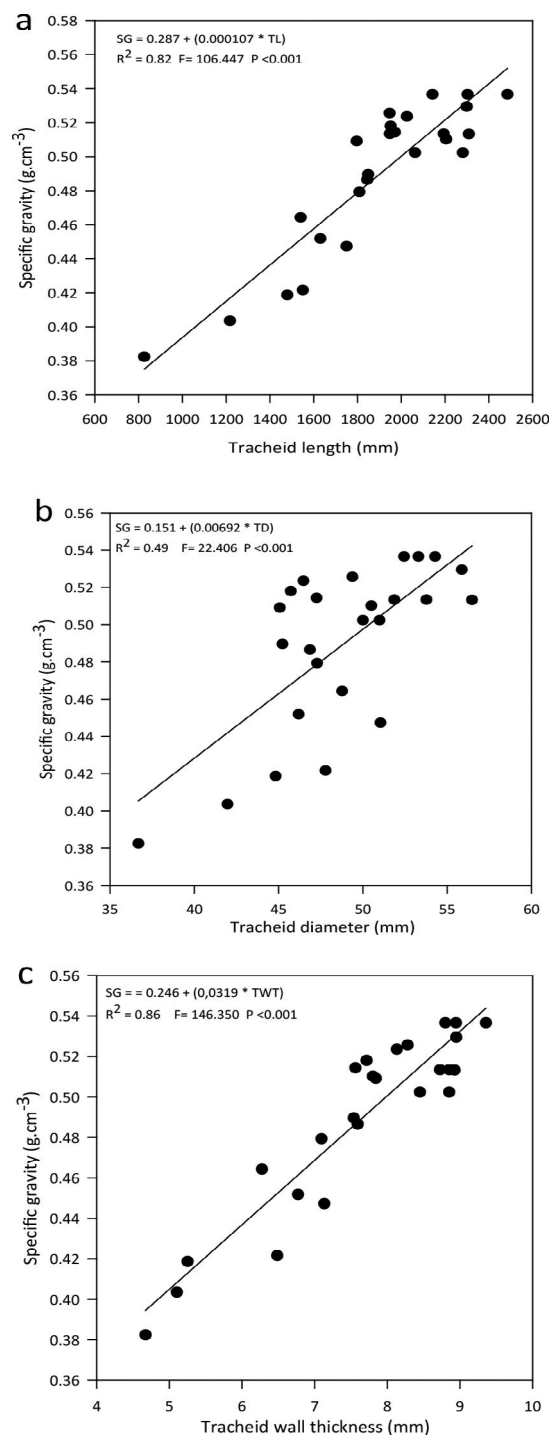


Figure 4. Linear regressions between tracheid features and specific gravity of *Araucaria angustifolia* wood.

Figura 4. Regressões lineares entre as características das traqueídes e densidade aparente da madeira de *Araucaria angustifolia*.

3.3 Growth Rings

We observed 25 rings in two trees and 27 rings in one tree and a significant decrease in growth ring width diameter toward the bark (Figure 5). This pattern is very common in many species as a result of reduction in growth rate. According to Paludo et al. (2011), the initial growth of *A. angustifolia* is slow,

and according to Carvalho (2003), it is only from the fifth year that the rate of growth increment reaches 1.5 to 2 cm. Moreover, our samples were derived from DBH, therefore with less rings than the base of the tree, justifying the lowest number of rings when compared with trees planted in 1980 because *A. angustifolia* has annual growth rings (Oliveira et al., 2007).

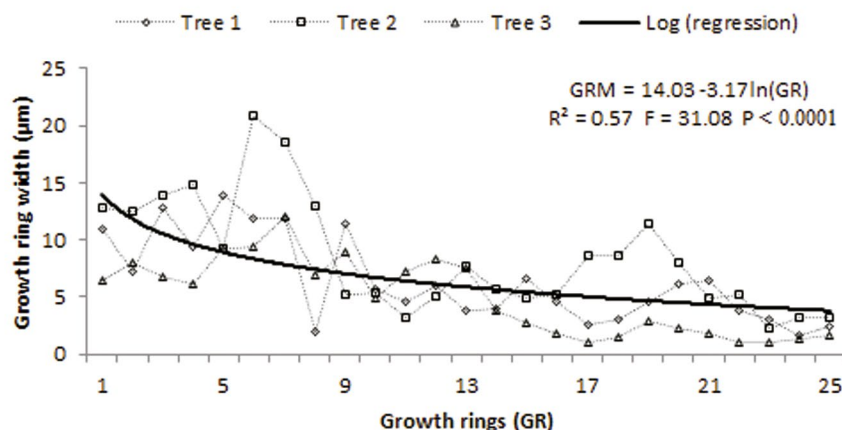


Figure 5. Radial variation in growth ring width of *Araucaria angustifolia* wood.

Figura 5. Variação radial na largura dos anéis de crescimento da madeira de *Araucaria angustifolia*.

Concerning earlywood and latewood, Santarosa et al. (2007) explained that increased temperature during the spring and summer provides for the development of earlywood, while the gradual decrease in temperature during the fall and winter months affects the formation of latewood in *A. angustifolia*. Using dendrometer bands, Zanon (2007) studied the annual increment of the species in the Florestal Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul State, and have detected the beginning of growth in September and a decrease or cessation of cambial activity from March to April, representing a period of 5-6 months. Similar results were reported by

Oliveira et al. (2009), who observed a growing season between October and April for *A. angustifolia* in Floresta Nacional de São Francisco de Paula (municipality of São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brazil).

The climatic diagram of Cunha municipality (Figure 1) shows a dry period from April to August/September and water deficit between June and August. Based on this evidence, we suggest that cambial activity ceases during these periods and that earlywood and latewood (Figure 6) are most likely formed between September and October, as well as February and March.

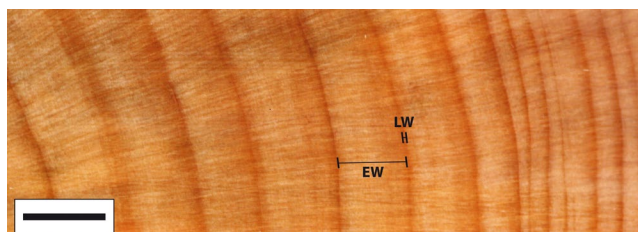


Figure 6. Transversal surface of *A. angustifolia* wood showing some growth rings composed of earlywood (EW, light portion) and latewood (LW, dark portion). Scale bar = 1 cm.

Figura 6. Superfície transversal da madeira de *A. angustifolia* mostrando os anéis de crescimento compostos por lenho inicial (EW, parte clara) e lenho tardio (LW, parte escura). Escala = 1 cm.

4 CONCLUSION

Following the Typical Radial Pattern – TRP, we observed a significant increase in length, diameter and wall thickness of tracheids toward the bark. A positive relationship was found between all tracheid features and specific gravity, showing that the increase in length and, especially, wall thickness contributed to the increase in specific gravity toward the bark.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Victor Augusto Ribeiro Lima, a FUNDAP trainee, and Sônia Regina Godoi Campião for lab assistance in this study.

REFERENCES

ARCOVA, F.C.S. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP.** 1996. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Proteção e recuperação da floresta com araucárias.** Available at: <<http://www2.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=202&idConteudo=8642>>. Access on: 24 Aug. 2015.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 547 p.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas.** Available at: <http://www.cpa.unicamp.br/outras_informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Access on: 10 Nov. 2012.

CICCO, V. et al. Recursos hídricos na Mata Atlântica: estudo de caso do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha – SP. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, p. 25-33.

DAY, M.E.; GREENWOOD, M.S.; DIAZ, S.C. Age- and size-related trends in woody plant shoot development: regulatory pathways and evidence for genetic control. **Tree Physiology**, v. 22, n. 8, p. 507-513, 2002.

_____.; GREENWOOD, M.S. Regulation of ontogeny in temperate conifers. In: MEINZER, F.C.; LACHENBRUCH, B.; DAWSON, T.E. (Ed.). **Size- and age-related changes in tree structure and function.** Dordrecht: Springer, 2011. p. 91-120.

GLASS, S.; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: ROSS, R. (Ed.). **Wood handbook – wood as an engineering material.** 100th ed. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 4-1-4-19. (General Technical Report FPL-GTR-190).

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 3, n. 10, p. 219-332, 1989.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechniques.** New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KUKACHKA, B.F. Properties of imported tropical woods. In: CONFERENCE ON TROPICAL HARDWOODS, 1969, Syracuse. **Proceedings...** Syracuse: State University College of Forestry, 1969. 117 p. (SC 5/TH 5 (6)).

LACHENBRUCH, B.; MOORE, J.R.; EVANS, R. Radial variation in wood structure and function in woody plants, and hypotheses for its occurrence. In: MEINZER, F.C.; LACHENBRUCH, B.; DAWSON, T.E. (Ed.). **Size- and age-related changes in tree structure and function.** Dordrecht: Springer, 2011. p. 121-164.

LONGUI, E.L. et al. Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, n. 2, p. 181-190, 2009.

_____. et al. Estrutura do lenho de *Plathymenia reticulata* e algumas implicações na eficiência hidráulica e resistência mecânica. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 335-346, 2012.

MATTOS, B.D. et al. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 121-126, 2011.

MATTOS, P.P. et al. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**. Colombo: Embrapa Florestas. 2006. 4 p. (Comunicado Técnico 160).

MARANHO, L.T. et al. Variação dimensional das traqueídes ao longo do caule de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 633-640, 2006.

MELO, R.R. et al. Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 67-73, 2010.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba: UFPR, 2005. 169p. (Manual didático).

OLIVEIRA, J.M. et al. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, n. 1, p. 107-115, 2009.

_____. et al. Amostragem temporal de anéis de crescimento: uma alternativa para determinar ritmo de atividade cambial. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 615-617, 2007.

_____.; ROIG, F.A.; PILLAR, V.D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, n. 2, p. 134-147, 2010.

PALUDO, G.F.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1107-1119, 2011.

PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília, DF: Fundação Mokiti Okada, 1997. p. 543.

ROIG, F.A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 307-355.

ROLIM, M.B.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função dos anéis de crescimento. **IPEF**, n. 9, p. 47-55, 1974.

SANTAROSA, E. et al. Crescimento sazonal em *Araucaria angustifolia*: evidências anatômicas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 618-620, 2007.

SEITZ, R.A.; KANNINEN, M. Tree-ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

TOMAZELLO FILHO, M. *Araucaria angustifolia*, the Brazilian pine for dendrochronological studies. In: SOUTHEAST ASIAN DENDRO WORKSHOP, 1998, Chiang Mai. [Workshop...]. [S.l.]: Lamont-Doherty Geological Observatory, 1998. p. 14.

WEHR, N.J.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, v. 58, p. 161-170, 2000.

ZANON, M.L.B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicia**. 2007. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SELEÇÃO DE CLONES DE *Hevea brasiliensis* PARA A REGIÃO DE MOCOCA, ESTADO DE SÃO PAULO¹ CLONE SELECTION OF *Hevea brasiliensis* TO MOCOCA REGION, STATE OF SÃO PAULO

Israel Luiz de LIMA^{2,9}; Hugo Rodrigo MACEDO³; Paulo Boller GALLO⁴;
Paulo de Souza GONÇALVES⁵; José Nivaldo GARCIA⁶; Eduardo Luiz LONGUI⁷;
Miguel Luiz Menezes FREITAS⁸; Alexandre Magno SEBBENN²

RESUMO – *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. Juss.), a seringueira, é utilizada para a produção de látex e, ao final do ciclo produtivo, a madeira também pode ser aproveitada. Dessa maneira, o melhoramento genético visa aumentar a produção tanto de látex quanto de madeira. Este estudo teve por objetivo determinar a variabilidade genética, o controle genético de caracteres de crescimento e a seleção de clones para a região de Mococa, Estado de São Paulo. Um teste clonal foi instalado no município de Mococa, com delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito tratamentos (clones), três repetições e 12 plantas por parcela, utilizando-se o espaçamento entre plantas de 7 x 2 m. Os caracteres avaliados foram: diâmetro à altura do peito – DAP, altura total – ALT, altura da bifurcação – AB e volume real individual de madeira – VOL. Diferenças significativas foram detectadas entre os clones para todos os caracteres, o que indica a possibilidade de melhoramento pela seleção. O coeficiente de herdabilidade no sentido amplo foi alto (0,72) para AB e baixo para DAP e VOL. O coeficiente de correlação genética foi alto, positivo e significativo para os caracteres DAP x ALT, DAP x VOL e ALT x VOL, o que indica que a seleção em um caráter pode trazer ganhos indiretos em outro. Os resultados mostraram que a seleção de clones com maior DAP pode resultar no aumento da ALT e VOL de plantios comerciais da espécie. Pode-se destacar o clone RRIM701, proveniente da Malásia, como o mais indicado para todos os caracteres de crescimento, bem como para o cultivo em Mococa-SP.

Palavras-chave: teste clonal; seleção; seringueira; melhoramento genético.

ABSTRACT – *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. Juss.), locally known as seringueira, is used for latex production and at the end of production cycle, wood may be used for furniture. Thus, the breeding aimed at increasing the production of latex and wood. Our goal was to determine the genetic variability, genetic growth control of traits and selection of clones from Mococa region, São Paulo state. A clonal plantation was established in Mococa municipality, and experimental design used was randomized blocks, at a spacing of 7 x 2 m, eight treatments (clones), three replicates and 12 plants per plot. The evaluated traits were: diameter at breast height (DBH, 1.3 m from the ground), total height – TH, bifurcation height – BH and individual real wood volume – VOL. Significant differences were detected between clones for all traits, indicating the possibility of improvement by selection. Broad-sense heritability coefficient was high (0.72) for BH and low to DBH and VOL. Genetic correlation coefficient was high, positive and significant for the traits (TH x DBH, DBH x VOL and TH x VOL, which indicates that selection on a trait may results gains in another trait. Results showed that clones selection with higher DBH may results in increase of TH and VOL in commercial plantation. We emphasize that RRIM701 clone, from Malaysia, is the most appropriate for all growth traits for growing in Mococa-SP.

Keywords: clonal test; selection; rubber tree; genetic improvement.

¹Recebido para análise em 17.04.15. Aceito para publicação em 06.11.15.

²Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

³Mestrando em Agronomia, FEIS/UNESP. hugoengenheiro@yahoo.com.br

⁴Instituto Agronômico, Programa Seringueira, Caixa Postal 28, 13020-970 Campinas, SP, Brasil. paulogallo@apta.sp.gov.br

⁵Instituto Agronômico, Programa Seringueira, Caixa Postal 28, 13020-970 Campinas, SP, Brasil. paulog@iac.sp.gov.br

⁶Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9, 13400-970 Piracicaba, SP, Brasil. jngarcia@esalq.usp.br

⁷Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil. elongui@if.sp.gov.br

⁸Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil. miguelmfreitas@yahoo.com.br

⁹Autor para correspondência: Israel Luiz de Lima – israeluilizde.lima@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Hevea brasiliensis (Willd. ex A.D. Juss.), planta da família Euphorbiaceae, conhecida como seringueira, é uma espécie arbórea de grande importância econômica para o Brasil, pela produção de látex e madeira (Furlani et al., 2005). De acordo com o International Rubber Study Group – IRSG, a área plantada de *H. brasiliensis*, no Brasil, em 2010, foi de 169,5 mil hectares (IRSG, 2012). Segundo Lorenzi (1992), a espécie tem sua ocorrência natural restrita à Amazônia brasileira (latitude 7° N a 15° S), mas é cultivada atualmente em diversas regiões do País, como nos estados de São Paulo, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Paraná (Gonçalves e Marques, 2008), além de outros países, tais como Vietnã, Malásia e Indonésia; portanto, o Brasil tem potencial para aumentar a produção de borracha. Somente o Estado de São Paulo possui 14 milhões de hectares que podem ser utilizados pela heveicultura (Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, 2004). O Planalto Ocidental do estado engloba mais de 90% da área plantada, onde se situa a região mais importante de cultivo e que representa mais da metade de toda a área explorada com *H. brasiliensis* no Brasil (Gonçalves et al., 2011).

Uma forma de maximizar a utilização de *H. brasiliensis* é por meio da obtenção de produtos múltiplos. Na Ásia, desde o final do século passado, têm-se buscado algumas alternativas para elevar a renda do produtor que cultiva a espécie, tais como a produção de sementes, óleo, mel e uso da madeira. A exploração de madeira tem sido a alternativa complementar mais importante, extraída quando o período produtivo das árvores se encerra (Gonçalves et al., 2011).

A produtividade do látex e madeira de *H. brasiliensis* pode ser aumentada, utilizando-se do melhoramento genético de genótipos (ou materiais) que tenham potencial de utilização econômica (Kageyama et al., 2002). Programas de melhoramento genético de *H. brasiliensis* são direcionados pela seleção de indivíduos com alta produção e qualidade de borracha (Silva et al., 2014). A seleção é baseada principalmente em caracteres como taxa de crescimento, resistência a doenças e danos por ventos (Silva et al., 2014). No melhoramento genético de espécies arbóreas, é fundamental conhecer o controle genético dos caracteres de produtividade ou sua herdabilidade e a correlação fenotípica e genética entre estes caracteres para determinar o potencial de melhoramento

genético indireto entre caracteres, além da interação genótipos-ambientes, ou seja, todos os elementos que afetam a seleção de genótipos superiores em termos de produtividade (Gonçalves et al., 2005; 2006; 2009; Gouvêa et al., 2013; Verardi et al., 2012; Silva et al., 2013; 2014).

Na avaliação de populações de *Hevea*, o perímetro do caule das árvores é o parâmetro mais importante de decisão do grau de maturidade da plantação para a colheita do látex, podendo ser também um parâmetro indireto de seleção de material para serraria (Krishan, 2015).

Nesse contexto, os objetivos deste estudo foram determinar o controle genético de caracteres de crescimento, a associação fenotípica e genética entre os caracteres e a seleção de clones de *H. brasiliensis* para a região de Mococa, Estado de São Paulo, com o propósito de aumentar a produtividade de madeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em um teste clonal instalado em 1989 no município de Mococa, Estado de São Paulo (latitude 21°28'S; longitude 47°01'E; altitude de 665 m). A temperatura média anual do local é de 24,5 °C e a precipitação anual média é de 1.500 mm. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os oito tratamentos (clones), três repetições (blocos) e 12 plantas úteis por parcela. O espaçamento utilizado foi o 7 x 3 m. Os oito clones utilizados são originários de diferentes países: clone IAN873, Brasil; clones GT1, PR261 e PR255, Indonésia; clones RRIM701, RRIM600, PB217 e PB235, Malásia (Tabela 1). O clone IAN873 foi desenvolvido pelo antigo Instituto Agrônomo do Norte (IAN), atual Embrapa Amazônia Oriental. Os clones GT1, PR261 e PR255 são provenientes das estações experimentais Gondang Tapen e Proefstation voor Rubber, na Indonésia, e os clones RRIM701, RRIM600, PB217 e PB235 da Malásia são originais do Rubber Research Institute of Malaysia e das plantações de Prang Besar, do grupo Harisson and Crossfield. O teste clonal foi mensurado aos 19 anos de idade para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP, altura total – ALT e altura da bifurcação – AB. O volume real – VOL foi calculado pela expressão: $VOL = [\pi(DAP)^2 ALT \times FF]/4$, em que FF é o fator de forma para a espécie, de acordo com Oliveira et al. (2000).

Tabela 1. Origem parental e país de origem dos clones de *Hevea brasiliensis*.Table 1. Parental and country origin of *Hevea brasiliensis* clones.

Clone	Parentesco de origem	País de origem
IAN873	PB86 x FA1717	Brasil
GT1	Clone primário	Indonésia
PR261	Tjir1 x PR107	Indonésia
PR255	Tjir1 x PR107	Indonésia
PB217	PB5/51 x PB69	Malásia
RRIM701	44/553 x RRIM501	Malásia
PB235	PB5/51 x PBS78	Malásia
RRIM 600	Tjir1 x PB69	Malásia

As análises de variância para os caracteres foram realizadas com o auxílio do programa SAS (SAS, 1999), seguindo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_i + T_j + e_{ij},$$

em que: Y_{ij} é o valor fenotípico do j -ésimo indivíduo da i -ésima repetição; μ é o termo fixo da média total; b_i é o efeito fixo da i -ésima repetição (bloco); T_j é o efeito aleatório do j -ésimo clone; e_{ij} é o efeito aleatório da interação entre o j -ésimo clone e a i -ésima repetição (erro entre parcelas). Sendo, $i = 1 \dots b$ (b é o número de repetições); $j = 1 \dots t$ (t é o número de clone). Para verificar se as médias dos caracteres eram significativamente diferentes entre os clones, utilizou-se o teste de Tukey, assumindo, neste caso, como sendo fixo o efeito de clones.

Da análise de variância dos caracteres individuais foram estimados os componentes de variância genética entre clones (σ_c^2), variância ambiental (σ_e^2) e variância fenotípica entre clones ($\sigma_F^2 = \sigma_c^2 + \sigma_e^2$). Os coeficientes de variação experimental (CV_e) e genética entre clones (CV_g) foram estimados pelas expressões:

$$CV_e = 100 \left(\frac{\sigma_e^2}{x} \right) e$$

$$CV_g = 100 \left(\frac{\sigma_c^2}{x} \right),$$

em que x é a média do caráter analisado.

O coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (H) foi estimado pela expressão:

$$H = \left(\frac{\sigma_c^2}{\sigma_F^2} \right) .$$

As correlações fenotípicas (r_F) e genéticas (r_g) entre os caracteres foram estimadas a partir dos valores individuais, de acordo com as seguintes expressões:

$$r_F = \frac{\sigma_{F_X F_Y}}{\sqrt{\sigma_{F_X}^2 \cdot \sigma_{F_Y}^2}},$$

$$r_g = \frac{\sigma_{P_X P_Y}}{\sqrt{\sigma_{P_X}^2 \cdot \sigma_{P_Y}^2}},$$

em que: r_F e r_g são os coeficientes de variação fenotípica e genética; $\sigma_{F_X F_Y}$ e $\sigma_{P_X P_Y}$ são os produtos cruzados fenotípicos e genéticos dos caracteres x e y , estimados a partir das análises de covariância; $\sigma_{F_X}^2$ e $\sigma_{P_X}^2$ são as variâncias fenotípicas dos caracteres x e y , respectivamente, e $\sigma_{F_Y}^2$ e $\sigma_{P_Y}^2$ são as variâncias genéticas dos caracteres x e y , respectivamente (Falconer, 1987).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas entre clones pelo teste F a 1% de probabilidade para todos os caracteres estudados, o que sugere a possibilidade de seleção de clones e o melhoramento genético (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados do teste F da análise de variância para os quadrados médios, média, coeficiente de variação experimental (CV_e) e coeficiente de variação genética (CV_g) para diâmetro à altura do peito – DAP, altura total – ALT, altura da bifurcação – AB e volume real – VOL em teste clonal de *Hevea brasiliensis*.

Table 2. Results of F test of the analysis of variance for mean squares, mean, coefficient of experimental variation (CV_e) and coefficient of genetic variation (CV_g) for diameter at breast height – DAP, total height – ALT, fork height – AB and real volume –VOL in a *Hevea brasiliensis* clonal test.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		DAP	ALT	AB	VOL
		(cm)	(m)	(m)	(m ³ /árv.)
Blocos	2	6,01	90,56	20,28	0,15
Clone	7	42,91**	8,92**	74,55**	0,43**
Média		23,32	22,56	6,57	0,91
CV_e (%)		15,6	22,6	47,9	39,0
CV_g (%)		6,1	4,1	2,9	18,1

Em que: GL= graus de liberdade; ** P > 0,01.

Where: GL = degrees of freedom; ** P > 0.01.

Contudo, o teste de Tukey indicou que essas diferenças significativas se devem a diferenças entre as médias de crescimento entre os clones PB217 e RRIM701 em relação ao PB235 para DAP, PR261, PR255 e

RRIM701 em relação ao RRIM600 para ALT, PR261 e RRIM701 em relação aos clones IAN873 e PB217 para AB e RRIM701 em relação aos clones PB217, PB235 e RRIM600 para VOL (Tabela 3).

Tabela 3. Médias para diâmetro à altura do peito – DAP), altura total – ALT, altura da bifurcação – AB e volume real – VOL em clones de *Hevea brasiliensis*, aos 19 anos de idade.

Table 3. Average of diameter at breast height – DAP, total height – ALT, fork height – AB and real volume –VOL of *Hevea brasiliensis* clone at 19-year-old.

Clone	DAP (cm)	ALT (m)	AB (m)	VOL (m ³ /árv.)
PB217	24,55 ^a	20,02 ^{ab}	5,03 ^b	0,97 ^b
GT1	23,81 ^{ab}	19,33 ^{ab}	7,24 ^{ab}	0,89 ^{ab}
PR261	22,95 ^{ab}	20,54 ^a	8,45 ^a	0,93 ^{ab}
PR255	24,07 ^{ab}	21,06 ^a	6,53 ^{ab}	0,97 ^{ab}
IAN873	22,53 ^{ab}	20,31 ^{ab}	5,07 ^b	0,84 ^{ab}
RRIM701	24,80 ^a	22,10 ^a	8,86 ^a	1,10 ^a
PB235	21,66 ^b	18,66 ^{ab}	6,59 ^{ab}	0,75 ^b
RRIM600	22,34 ^{ab}	18,39 ^b	5,08 ^{ab}	0,76 ^b

Observação: médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Note: Means followed by the same letter do not differ significantly from each other at 5% probability by Tukey test.

O clone RRIM701 apresentou a maior média para todos os caracteres e os clones PB235 e RRIM600 apresentaram os menores crescimentos em DAP e VOL; logo, o clone que apresentou melhor desempenho para todos os caracteres foi o RRIM701, proveniente da Malásia, sendo o mais indicado para reflorestamentos comerciais para a produção de madeira no local de estudo.

De acordo com Gonçalves et. al. (1991), no Estado de São Paulo, os clones RRIM600, RRIM701, GT1, PB235, PR107 e IAN873 são os mais utilizados em plantios comerciais. Entre esses, os clones RRIM600 e GT1 apresentam maior desenvolvimento silvicultural e maior disponibilidade no mercado atual. Entretanto, estima-se que o clone RRIM600 seja o mais plantado, com cerca de 80% da área paulista utilizada para o cultivo de seringueira (Gonçalves, 2010). De Jesus et al. (2015), em um estudo com os principais clones comerciais utilizados, atualmente, no Brasil (RRIM600 e GT1), constaram que os mesmos têm aplicações em pequenas estruturas, construção leve, e indústria de móveis e podem ser uma alternativa no mercado brasileiro para reduzir a demanda por madeira de espécies florestais nativas.

Segundo Simmonds (1989), em plantas mais baixas em altura e com internódios mais curtos ocorre maior produção de látex e

ainda há menores danos ocasionados pelo vento, bem como maior facilidade na colheita.

O coeficiente de variação experimental foi de média magnitude para o DAP (15,6%) e ALT (11,6%) e alto para AB (47,9%) e VOL (39,0%), indicando baixa precisão experimental para os dois últimos caracteres (Tabela 2). O coeficiente de variação genético foi alto para o caráter VOL (18,1%), mas baixo para os demais caracteres (máximo de 6,1% para o DAP). Embora esse coeficiente tenha sido baixo para DAP, ALT e AB, indica que existe variação genética entre os clones, e estes clones podem ser utilizados em programas de melhoramento e, ainda assim, apresentar ganhos indiretos na produção de madeira.

O coeficiente de herdabilidade mede o controle genético ou o quanto da variação fenotípica de caracteres quantitativos ou qualitativos é de origem genética. A estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (Tabela 4) foi alta para AB (= 0,719), média para DAP (= 0,300) e VOL (= 0,240) e baixa para ALT (= 0,004); logo, o caráter AB apresenta forte controle genético e sugere a possibilidade de se obter progressos genéticos com a seleção entre esses oito clones, seguida do DAP e do VOL.

Tabela 4. Estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (H) e variância ambiental (σ_e^2) para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP, altura total – ALT, altura da bifurcação – AB e volume real – VOL em clones de *Hevea brasiliensis*.

Table 4. Estimate of the coefficient of broad sense heritability (H), environmental variance (σ_e^2) to diameter at breast height – DAP, total height – ALT, fork height – AB and real volume – VOL in *Hevea brasiliensis* clones.

Parâmetro	DAP	ALT	AB	VOL
H	0,300	0,004	0,719	0,205
σ_e^2	0,005	0,202	0,005	0,068

As estimativas do coeficiente de correlação genética foram todas positivas entre os pares de caracteres (mínimo de 0,35), embora significativas apenas para DAP x ALT, DAP x VOL e ALT x VOL (Tabela 5).

As estimativas da correlação fenotípica entre pares de caracteres foram também positivas, porém menores que as correlações genéticas e não significativas. Associações genéticas positivas

entre caracteres indicam que a seleção em um caráter pode trazer ganhos indiretos em outro (Falconer, 1987). Como as maiores correlações genéticas encontradas foram entre DAP x VOL (0,85) e ALT x VOL (0,86), e como o DAP é um caráter medido com maior precisão, a seleção com base no DAP resultará em aumento do VOL, bem como a ALT da população selecionada.

Tabela 5. Estimativas das correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_F) em clones de *Hevea brasiliensis*.Table 5. Estimates of genetic (r_g) and phenotypic correlations (r_F) in *Hevea brasiliensis* clones.

Caracteres	r_g	r_F
DAP x ALT	0,81*	0,53
DAP x VOL	0,85*	0,43
DAP x AB	0,42	0,03
ALT x VOL	0,86*	0,37
ALT x AB	0,67	0,28
VOL x AB	0,35	0,26

* $P < 0,05$, DAP = diâmetro à altura do peito; ALT = altura total; AB = altura da bifurcação; VOL = volume real.

* $P < 0.05$, DAP = diameter at breast height; ALT = total height; AB = fork height; VOL = real volume.

4 CONCLUSÕES

Existe variação genética para os caracteres entre os clones estudados.

O carácter altura de bifurcação apresenta alto controle genético; portanto, apresenta maior potencial para a seleção.

Os caracteres DAP, ALT, AB e VOL são positivamente correlacionados; logo, a seleção para qualquer um destes resulta em aumento indireto nos outros.

O clone RRIM701, proveniente da Malásia, é o mais indicado para todos os caracteres de crescimento simultaneamente, para o cultivo em Mococa-SP.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Sonia R. G. Campião e Francisco Bianco pelo auxílio na mensuração do experimento. Os autores Alexandre Magno Sebbenn, Miguel Luiz Menezes Freitas, Eduardo Luiz Longui e Israel Luiz de Lima agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE JESUS, E.J.H. et al. Potential of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) for structural use after the period of latex extraction: a case study in Brazil. **Journal of Wood Science (Print)**, v. 61, p. 384-390, 2015.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

FURLANI, R.C.M. et al. Mating system in a *Hevea brasiliensis* population by isozyme loci. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 402-409, 2005.

GONÇALVES, P. de S. Clones de seringueira: recomendação para plantio no estado de São Paulo. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE HEVEICULTURA PAULISTA, 7., 2010, São José do Rio Preto. **Palestras...** São José do Rio Preto: APABOR, 2010. 8 p.

_____. et al. Performance of new *Hevea* clones from IAC 400 series. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 241-248, 2011.

_____. et al. **Clones de Hevea**: influência dos fatores ambientais na produção e recomendação para o plantio. Campinas: IAC, 1991. 32 p. (Boletim Técnico, 138).

_____. et al. Genetic variability and selection for laticiferous system characters in *Hevea brasiliensis*. **Genetic and Molecular Biology**, v. 28, p. 414-422, 2005.

_____. et al. Genetic variability for girth growth and rubber yield characters in *Hevea brasiliensis*. **Science Agricultural**, v. 63, p. 246-254, 2006.

_____. et al. Genetic variation and realized genetic gain from rubber tree improvement. **Science Agriculture**, v. 66, p. 44-51, 2009.

GONÇALVES, P. de S.; MARQUES, J.R.B. Melhoramento genético da seringueira: passado, presente e futuro. In: ALVARENGA, A.P.; CARMO, C.A.F.S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa, MG: Epamig, 2008. p. 399-534.

GOUVÊA, L.R.L. et al. Rubber tree early selection for yield stability in time and among locations. **Euphytica**, v. 191, p. 365-373, 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **Programa Seringueira**. 31/8/2004. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe/seringueira/programa.htm>. Acesso em: 10 ago. 2014.

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP – IRSG. Area under plantation rubber (Table 28). **Rubber Statistical Bulletin**, v. 66, n. 7-8, 2012.

KAGEYAMA, P. Y. et al. Ganhos na seleção para a produtividade de látex em população natural de *Hevea brasiliensis* na Reserva Chico Mendes: estudo de caso das IAPs (Ilhas de alta produtividade). **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 79-85, 2002.

KRISHAN, B. Growth assessment of popular clones of natural rubber (*Hevea brasiliensis*) under warm dry climatic conditions of Chattisgarh State, Central India. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v. 3, n. 2, p. 157-161, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 302 p.

OLIVEIRA, S.A. et al. Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I – Aspectos silviculturais. **Revista Instituto Florestal**, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

SAS INSTITUTE INC. **SAS Procedures Guide. Version 8 (TSMO)**. Cary: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, G.A.P. et al. Genetic parameters and correlation in early measurement cycles in rubber trees. **Euphytica**, v. 189, p. 343-350, 2013.

_____. et al. Genetic parameters in a rubber tree population: heritabilities, genotype-by-environment interactions and multi-trait correlations. **Tree Genetics & Genomes**, v. 10, n. 6, p. 1511-1518, 2014. DOI:10.1007/S11295-014-0766-5.

SIMMONDS, N.W. Rubber breeding. In: WEBSTER, C.C.; BAULKWILL, W.J. (Ed.). **Rubber**. London: Longman, 1989. p. 85-124.

VERARDI, C.K. et al. Estimation of genetic parameters in rubber progenies. **Crop Breed Applied Biotechnology**, v. 12, p. 185-190, 2012.

**ESTIMATIVAS DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA LA SELECCIÓN DE
CLONES DE *EUCALYPTUS* EN LA REGIÓN DE BOTUCATU, SP¹**

**PREDICTION OF GENETIC PARAMETERS FOR SELECTION OF
CLONES OF *EUCALYPTUS* IN BOTUCATU, SP**

Cristiano Bueno de MORAES²; Evandro Vagner TAMBARUSSI^{3,8}; Fernanda Maria ABÍLIO⁴;
Ana Beatriz Marques HONÓRIO²; Suzanny Héllen Viana LEAL²; Edwin Camacho PALOMINO⁵;
Edmar Vinícius de CARVALHO²; Léo ZIMBACK⁶; Edson Seizo MORI⁷

RESUMEN – Este trabajo trata del estudio de estimativas de parámetros genéticos cuantitativos en un ensayo clonal para la selección precoz de clones superiores de eucalipto e posterior plantío comercial. De esta forma, el objetivo de este estudio fue estimar la variabilidad genética y determinar las correlaciones genéticas entre edades de selección en un ensayo clonal en el municipio de Botucatu, SP. El experimento fue instalado en un diseño de bloques completos al azar, siendo 23 clones (21 tratamientos y 2 testigos), repetidas 4 veces. Las parcelas fueron formadas por 25 plantas con distanciamiento de 3,0 x 2,0 m. Las características silviculturales como altura de planta, diámetro a la altura del pecho – DAP y volumen de madera fueron evaluadas a los 24, 36, 48 e 60 meses después del plantío. El análisis de los parámetros genéticos fue realizado con el programa estadístico GENES. Diferencias significativas fueron observadas para todos los caracteres en el análisis. Correlaciones altas y significativas fueron observadas entre los caracteres, indicando que la selección precoz puede proporcionar ganancias genéticas de hasta 34%. Los clones 18, 20 e 22 presentaron las mayores estimativas para volumen de madeira, demostrando potencial para ser aprovechado en los programas de mejoramiento genético y en plantíos comerciales, proporcionando buenos niveles de productividad para la región de Botucatu, SP.

Palabras claves: mejoramiento forestal; correlación; selección juvenil.

ABSTRACT – This work deals with the study of estimates of quantitative genetic parameters in a clonal assay for the early selection of superior clones of *Eucalyptus* and subsequent commercial planting. Thus, the aim of this study was to estimate the genetic variability and to determine the genetic correlations between the ages of clonal selection in a trial in the city of Botucatu, SP. The experiment was installed in a completely randomized design blocks (4) and 23 clones (21 treatment and 2 controls). The plots were formed by 25 plants with spacing of 3 x 2 m. Silvicultural traits as plant height, diameter at breast height – DBH and timber volume were evaluated at 24, 36, 48 and 60 months after planting. The analysis of genetic parameters was carried out with the statistical program GENES. Significant differences were observed for all traits in the analysis. High and significant correlations were observed between the traits, indicating that early selection can provide genetic gains up to 34%. Clones 18, 20 and 22 had the highest volume estimates for wood, showing potential to be exploited in breeding programs and commercial plantations, providing good levels of productivity for the region of Botucatu, SP.

Keywords: tree improvement; correlation; early selection.

¹Recebido para análise em 27.06.15. Aceito para publicação em 30.11.15.

²Universidade Federal de Tocantins – UFT, Rua Padejós, L7 Chácara 69/72, Zona Rural, Caixa Postal 66, 77402-970 Gurupi, TO, Brasil.

³Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR 153 Km 7 – Riozinho, 84500-000 Irati, PR, Brasil.

⁴Eucatex S.A., Rua Ribeirão Preto, 811/909, Jardim Marília, 13323-010 Salto, SP, Brasil.

⁵Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Rua Vera Paz, s/n, Salé, 68035-110 Santarém, PA, Brasil.

⁶Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

⁷Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu – FCA/UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁸Autor para correspondência: Evandro Vagner Tambarussi – tambarussi@gmail.com

1 INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético vegetal es una de las ciencias en que el mejorador se vale de la variabilidad genética natural de las poblaciones y de técnicas de selección massal o individual para formar la base del programa de mejoramiento de plantas (Zobel y Talbert, 1984).

A lo largo de 40 años de mejoramiento forestal de especies exóticas, en Brasil, se perfeccionaron procedimientos de selección de árboles e también se desarrollaron nuevas tecnologías para mejor viabilizar el avance de los programas de mejoramiento, por ejemplo, para el género *Eucalyptus*, proporcionando expresivas ganancias de productividad en volumen de madera comparativamente a otros países (Fonseca et al., 2010).

Hoy en día, Brasil se encuentra entre los mayores productores de madera de eucalipto del mundo, siendo de $41,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ la media nacional de productividad con potencial para alcanzar $70 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, debido a las condiciones edafoclimáticas favorables (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, 2012).

Para mantener y aumentar la producción actual de madera, una herramienta importante que los mejoradores pueden utilizar es la técnica de la selección artificial de material genético superior con alta producción y adaptados a diversas condiciones ambientales del país, posibilitando direccionar los principales caracteres silviculturales de interés económico, por ejemplo, volumen de madera, forma del tronco, calidad de la madera y resistencia a plagas y enfermedades (Allard, 1971; Rosado et al., 2009; Madhibha et al., 2013; Miranda et al., 2013).

De esta forma, para disminuir el tiempo de selección de individuos con estos requisitos previos, la estimativa de parámetros genéticos, principalmente la correlación genética en diferentes edades, es de grande importancia en los programas de mejoramiento (Vencovsky y Barriga, 1992; Pinto et al., 2014; Moraes et al., 2014a).

En el proceso de selección precoz, los caracteres evaluados en edades jóvenes, anteriores a la de rotación, son usados como predictores en la edad final de la rotación de la cultura, anticipando las ganancias genéticas en el tiempo (Weng et al., 2007; Zimback et al., 2011; Moraes et al., 2014b).

Así, el objetivo de la investigación fue estimar la variabilidad genética y determinar las correlaciones genéticas entre edades de selección en un ensayo clonal en la ciudad de Botucatu, SP.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2010, un ensayo clonal de *Eucalyptus* fue instalado en la Hacienda Santa Fé, de la Empresa Eucatex, localizada en el municipio de Botucatu, Estado de São Paulo. Las mudas clonales utilizadas en el experimento fueron producidas en el vivero de pesquisa de la empresa, localizado en la ciudad de Bofete/SP, siendo cinco clones de *E. dunnii*, cinco clones de *E. saligna*, cinco clones del híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, seis clones de *E. urophylla* y dos testigos.

El ensayo fue instalado en un inceptisole, textura arenosa, con cobertura vegetal originaria de forestas. El clima predominante en el local es el Cfa, según la clasificación de Köppen, caracterizado como clima temperado caliente (mesotermal) húmedo, siendo la precipitación pluviométrica anual media de 1.509 mm y la temperatura media del mes más caliente superior a $22,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Las coordenadas geográficas son: latitud $22^{\circ}50'59.16''\text{S}$, longitud $48^{\circ}19'21.89''\text{O}$, a una altitud de 800 metros.

El delineamiento utilizado fue el de bloques al acaso con 23 clones (21 tratamientos y dos testigos), 25 plantas/parcela (formato de cuadrado) y cuatro repeticiones. El espaciamiento entre plantas fue de $3 \times 2 \text{ m}$ y borda dupla en el entorno del ensayo.

Fueron evaluadas las siguientes variables de crecimiento: 1. altura total de planta (ALT, en metros), 2. diámetro a la altura del pecho (DAP, en centímetros) y 3. volumen de madera (VOL, en m^3) en las edades de 24, 36, 48 y 60 meses.

Para el cálculo del volumen de madera, la expresión matemática usada fue:

$$VOL(m^3) = \frac{[0,027196645 * (DAP^{1,752458725}) * (ALT^{1,2647048686})]}{100}$$

En que:

VOL: volumen del árbol en metros cúbicos;

DAP: diámetro a la altura del pecho (1,30 m del suelo) en centímetros y

ALT: altura del árbol en metros.

Los análisis estadísticos, estimativas de los parámetros genéticos y correlaciones fenotípica/genotípica fueron realizados por el programa computacional GENES (Cruz, 2006). Estimativas del

coeficiente de variación genético ($CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_c^2}}{\bar{x}} \cdot 100$)

donde σ_c^2 = variancia de clones y $\bar{x}$ = media de clones; heredabilidad media entre clones

($h_{mc}^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_c^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}}$), donde σ_e^2 = variancia del error y r = número de repeticiones; relación entre el coeficiente de variación genético (CV_g / CV_e);

acurácia al nivel de clones $r_{aa} = \sqrt{\hat{h}_{mc}^2}$ y el coeficiente de variación ambiental ($CV_e = \frac{\sqrt{QM_e}}{\bar{x}} \cdot 100$), donde

QM_e = cuadrado medio del error y $\bar{x}$ = media de clones.

La ganancia genética de selección fue estimado a partir de la multiplicación de la heredabilidad por el diferencial de selección, en el que fue adoptado el criterio de 10% arriba de la media para la selección de los clones.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la región de Botucatu/SP fue evidente la heterogeneidad observada para los caracteres silviculturales evaluados DAP, ALT y VOL en términos del CV (%) para los diferentes materiales genéticos clonales de *Eucalyptus* (Tabla 1), pero presentando diferencias significativas entre los tratamientos (datos no mostrados), evidenciados por el análisis estadístico entre los clones evaluados.

Tabla 1. Estimativas de medias y coeficiente de variación experimental (CV exp %) para los caracteres: diámetro a la altura del pecho – DAP, altura de plantas – ALT y volumen de madera – VOL evaluados a las edades de 24, 36, 48 y 60 meses en el ensayo clonal en Botucatu, SP.

Table 1. Estimates of mean and coefficient of the experiment variation (CV exp %) for traits: diameter at breast height – DBH, plant height – ALT, and timber volume – VOL measured at 24, 36, 48 and 60 months for the clonal assay at Botucatu, SP.

Edad (meses)	Caracteres	Media	CV exp (%)
24	DAP*	3,74	11,09
36		8,13	7,17
48		10,99	6,96
60		15,99	4,78
24	ALT	4,34	10,80
36		10,58	8,17
48		15,74	6,62
60		15,74	6,62
24	VOL	0,0029	24,74
36		0,0310	12,21
48		0,0851	11,44
60		0,1665	9,61

*DAP (cm); ALT (m) y VOL (m³).

*Diameter at breast height (DBH, cm); ALT (m) and VOL (m³).

Los CV_{exp} (%) de la altura y DAP no fueron elevados, posibilitando ser posible una selección indirecta para el carácter VOL debido a la consistencia de la correlación genética. Estos valores (CV_{exp}) variaron de 4,8 % a 24,7% para los caracteres DAP, altura y volumen, demostrando una buena precisión de los experimentos (Pimentel-Gomes y Garcia, 2002; Garcia y Nogueira, 2005). Valores semejantes fueron observados por Paula et al. (2002),

Moraes et al. (2014a) y Pinto et al. (2014) estudiando también especies del género *Eucalyptus*.

La relación entre el coeficiente de variación genética (CV_g %) y el coeficiente de variación experimental (CV_{exp} %) en la Tabla 2, presento valores más altos para el carácter VOL en las edades de 36, 48 y 60 meses (CV_r), seguida de los caracteres ALT y DAP. Cuanto mayores o iguales a uno los valores de este parámetro, se torna más fácil seleccionar el carácter (Vencovsky, 1978; Cruz et al., 2004).

Tabla 2. Estimativas del coeficiente de variación genético (CV_g %), heredabilidad media entre clones (h_{mc}^2 %), relación entre el coeficiente de variación genético, acurácia al nivel de progénies (r_{aa}) y el coeficiente de variación ambiental (CV_r) para los caracteres silviculturales: diámetro a la altura del pecho – DAP, altura de plantas – ALT y volumen de madera – VOL evaluados a los 24, 36, 48 y 60 meses de edad en el ensayo clonal en Botucatu, SP.

Table 2. Estimates of coefficient of genetic variation (CV_g %), mean heritability between clones (h_{mc}^2 %), relationship among the coefficient of genetic variation, accuracy at the progeny level (r_{aa}), and the coefficient of environmental variation (CV_r) for silvicultural traits: diameter breast height – DBH, plant height – ALT, and timber volume – VOL at 24, 36, 48 and 60 months for the clonal assay at Botucatu, SP.

Edad (meses)	Caracteres	CV_g (%)	h_{mc}^2 (%)	r_{aa}	CV_r
24	(*) DAP	17,63	91	95	1,59
36		9,70	88	94	1,35
48		10,22	90	95	1,47
60		7,02	90	95	1,47
24	ALT	16,36	90	95	1,52
36		12,90	91	95	1,58
48		11,24	92	96	1,70
60		11,24	92	96	1,70
24	VOL	38,07	90	95	1,54
36		21,45	93	96	1,76
48		21,88	94	97	1,91
60		18,66	94	97	1,94

*DAP (cm); ALT (m) y VOL (m^3).

*Diameter at breast height (DBH, cm); ALT (m) and VOL (m^3).

El coeficiente de variación genética (CV_g %) presento valores medios a altos para todos los caracteres y edades estudiadas. El volumen fue el que obtuvo mayor variación genética a los 60 meses (18,7%) permitiendo la selección de los clones más productivos.

El coeficiente de heredabilidad (h_{mc}^2 %) vario a lo largo de los años para los caracteres DAP, altura y volumen, presentando valores medios altos conforme la Tabla 2. Los coeficientes de

heredabilidad media de los clones estimados a los 48 meses para el carácter volumen de madera VOL (94%) fue superior a los demás. Entre los caracteres evaluados, el DAP fue el que presento menores coeficientes medios. A los 60 meses el valor del coeficiente de heredabilidad para VOL nuevamente fue alto (94%), siendo un buen indicativo para la selección de materiales genéticos en edades próximas de corte para las condiciones ambientales de estudio.

Massaro et al. (2010) estimando los parámetros genéticos de heredabilidad para dos ensayos clonales de *Eucalyptus*, observaron valores de 73 a 95% en varias edades y para los mismos caracteres, demostrando que los resultados obtenidos para el ensayo clonal instalado en la región de Botucatu/SP están de acuerdo con lo que se observa en otras regiones.

Beltrame et al. (2012) evaluaron a los siete años 138 clones híbricos de eucalipto en el municipio de Tapes/RS, en las condiciones de clima subtropical húmedo y obtuvieron valores de heredabilidad para DAP de 97% y para altura 92%.

El coeficiente de heredabilidad en el sentido amplio es el cuadrado de la correlación entre el valor genotípico y el valor fenotípico, utilizado para evaluación de materiales genéticos provenientes de propagación vegetativa; puede ser afectado por diversos factores, por ejemplo: el carácter estudiado, el método de estimación, la diversidad genética en la población, el nivel de endogamia, el tamaño de la muestra y la precisión en la conducción del experimento (White et al., 2007; Pires et al., 2011). Los estudios

reportados repiten la propensión de heredabilidad alta en ensayos clonales con varias especies e híbridos de *Eucalyptus*; indicando que existe alta variabilidad genética entre los clones de Botucatu/SP para realizar selección y los coeficientes de variación experimental indican buena precisión experimental.

La acuracia selectiva varío de 94 a 97%. Eso indica una buena relación entre el valor genético verdadero y el estimado. Estos valores son compatibles con varios otros encontrados en la literatura (Moraes et al., 2014b; Reis et al., 2014) y también indican precisión experimental alta, conforme valores reportados por Resende (2002) y Resende y Duarte (2007). Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las diferentes edades presentaron valores entre moderados y altos (Tabla 3). Las correlaciones fenotípicas entre las edades 24 meses (más precoz), 60 meses (próxima del final da rotación) presentaron valores propicios (56%) para la selección con base en el DAP. Una buena alternativa para realizar selección sería entre la edad juvenil y adulta de 36 y 60 meses (66%), en la cual parte de los individuos seleccionados a los 36 meses sería aprovechada a los 60 meses.

Tabla 3. Correlaciones genéticas (r_g) debajo de la diagonal y fenotípicas (r_f), encima de la diagonal, entre las edades 24, 36, 48 y 60 meses para los caracteres diámetro a la altura del pecho – DAP, altura de plantas – ALT y volumen de madera – VOL en el ensayo clonal en Botucatu, SP.

Table 3. Genetic correlations (r_g) (below the diagonal) and phenotypic correlation (r_f) (above the diagonal) at 24, 36, 48 and 60 months for diameter at breast height – DBH, plant height – ALT, and timber volume – VOL for the clonal assay at Botucatu, SP.

Edad (Meses)	Caracteres	r_f											
		DAP				ALT				VOL			
		24	36	48	60	24	36	48	60	24	36	48	60
r_g	24 DAP*	–	0,81	0,50	0,50	0,91	0,83	0,58	0,58	0,94	0,83	0,53	0,56
	36	0,80	–	0,64	0,64	0,76	0,92	0,61	0,61	0,74	0,92	0,64	0,66
	48	0,75	1,00	–	1,00	0,49	0,61	0,88	0,88	0,53	0,69	0,91	0,93
	60	0,75	1,00	1,00	–	0,49	0,61	0,88	0,88	0,53	0,69	0,91	0,93
	24 ALT	0,96	0,83	0,73	0,73	–	0,81	0,63	0,63	0,92	0,81	0,53	0,57
	36	0,87	0,97	1,00	1,00	0,93	–	0,66	0,66	0,76	0,90	0,63	0,65
	48	0,88	1,00	0,89	0,89	0,90	1,00	–	1,00	0,60	0,66	0,82	0,88
	60	0,88	1,00	0,89	0,89	0,90	1,00	1,00	–	0,60	0,66	0,82	0,88
	24 VOL	0,98	0,81	0,76	0,76	0,95	0,87	0,85	0,85	–	0,84	0,58	0,60
	36	0,82	0,97	1,00	1,00	0,85	0,95	0,96	0,96	0,85	–	0,76	0,76
	48	0,73	0,97	0,98	0,98	0,72	0,93	0,88	0,88	0,78	1,00	–	0,99
	60	0,77	1,00	0,98	0,98	0,76	0,97	0,92	0,92	0,81	1,00	1,00	–

$p < 0,01$ (todos los valores presentaron efecto significativo por el test t).

*DAP (cm); ALT (m) y VOL (m³).

$p < 0.01$ (all values are significant according to the t-test).

*Diameter at breast height (DBH, cm); ALT (m) and VOL (m³).

Cuanto a las correlaciones genéticas para DAP, los valores variaron de 75 a 100% para las edades de 48 y 60 meses. A pesar del valor de la correlación genética entre las edades de 24 y 60 meses se presente moderado (75%), se muestra todavía atrayente para la selección, delante de la posibilidad de disminuir el tiempo para atender el programa de mejoramiento genético (Kageyama y Vencovsky, 1983). Massaro et al. (2010) consiguieron correlación genética de 87% entre 25 y 72 meses para DAP, siendo superior al obtenido en este trabajo a los 24 y 60 meses.

Para ALT, la mayor correlación genética (87%) fue entre las edades de 36 y 60 meses y la menor (73%) fue entre 24 y 60 meses; y en el trabajo de Massaro et al. (2010) fue obtenido un valor superior (87%) entre 24 y 72 meses. La mayor correlación fenotípica fue entre las edades de 48 y 60 meses (86%). Las correlaciones fenotípicas entre la edad más juvenil (24 meses) y adulta (60 meses) fueron relativamente bajas para ALT (49%), diferente de (70%) encontrados por Moraes et al. (2014a).

Evidentemente, el carácter que mejor representa las ganancias comerciales es el volumen de madera (VOL). Para este carácter la mayor correlación fenotípica ocurrió entre la edad de 48 y 60 meses (99%), puede ser usada en selección precoz en los programas de mejoramiento genético; entretanto, la correlación de 36 con 60 meses también se presenta buena para selección (76%).

Entre las correlaciones genéticas, la mayor fue entre 36 (juvenil) y 60 meses (100% final de rotación). Massaro et al. (2010) obtuvieron 98% entre 50 y 72 meses, siendo un valor bien aproximado, también entre 24 y 60 meses (87%) y 25 con 72 meses (89%), respectivamente. Pinto et al. (2014) observaron que la selección precoz en un ensayo clonal instalado en el municipio de Guanhães/MG, para 94 clones de la especie *E. urophylla* mostrándose un procedimiento confiable, sin pérdida de los genotipos superiores, en comparación con la evaluación en edades más juveniles (tres años) en relación a la edad final de corte de la cultura (6 años).

En la Tabla 4 están los clones que presentaron mayor potencial para la región de Botucatu, SP, para el carácter volumen en las edades estudiadas. Los que se destacaron a los 60 meses fueron los tratamientos 13, 14, 18, 19, 20, 21 e 22, con valores 10% superiores de la media del ensayo clonal. Dos híbridos de *Eucalyptus grandis* vs *E. camaldulensis* (13 y 14) y cuatro de la especie *E. urophylla* (19, 20, 21 y 22), revelándose como mejor clon el 20, no diferenciándose estadísticamente al 5% de probabilidad del clon 21. Reis et al. (2014) resaltan que la selección basada en la media de clones posee un mayor grado de precisión experimental que aquel basado en parcelas o en árboles individuales.

Tabla 4. Clasificación de los clones para el volumen (m³) a los 24, 36, 48 y 60 meses en el ensayo clonal en Botucatu, SP.

Table 4. Classification of clones by volume (m³) at 24, 36, 48 and 60 months for the clonal assay at Botucatu, SP.

Volumen (m ³)					
Clones	Meses				
	24	36	48	60	
1	0,0032 Ad	0,0289 Bc	0,0892 Bb	0,1784 Ca	
2	0,0028 Ad	0,0326 Ac	0,0908 Bb	0,1776 Ca	
3	0,0042 Ad	0,0355 Ac	0,0878 Bb	0,1719 Da	
4	0,0024 Ad	0,0284 Bc	0,0702 Cb	0,1457 Ea	
5	0,0025 Ad	0,0277 Bc	0,0793 Bb	0,1575 Da	

continúa
to be continued

continuación – Tabla 1

continuation – Table 1

Volumen (m³)								
Clones	Meses							
	24		36		48		60	
6	0,0011	Ac	0,0144	Bc	0,0427	Db	0,0916	Ga
7	0,0016	Ad	0,0197	Bc	0,0508	Db	0,1045	Ga
8	0,0014	Ad	0,0229	Bc	0,0606	Cb	0,1257	Fa
9	0,0019	Ad	0,0245	Bc	0,0627	Cb	0,1302	Fa
10	0,0035	Ad	0,0321	Ac	0,0827	Bb	0,1636	Da
11	0,0026	Ad	0,0279	Bc	0,0664	Cb	0,1417	Ea
12	0,0027	Ad	0,0289	Bc	0,0882	Bb	0,1704	Da
13	0,0047	Ad	0,0358	Ac	0,0918	Bb	0,1815	Ca
14	0,0043	Ad	0,0376	Ac	0,0961	Bb	0,1859	Ca
15	0,0015	Ad	0,0291	Bc	0,0903	Bb	0,1735	Ca
16	0,0012	Ad	0,0260	Bc	0,0835	Bb	0,1599	Da
17	0,0025	Ad	0,0357	Ac	0,0951	Bb	0,1792	Ca
18	0,0033	Ad	0,0397	Ac	0,1108	Ab	0,2066	Ba
19	0,0035	Ad	0,0367	Ac	0,0944	Bb	0,1824	Ca
20	0,0050	Ad	0,0422	Ac	0,1195	Ab	0,2212	Aa
21	0,0035	Ad	0,0391	Ac	0,1139	Ab	0,2127	Aa
22	0,0044	Ad	0,0388	Ac	0,1037	Ab	0,1965	Ba
23	0,0023	Ad	0,0287	Bc	0,0876	Bb	0,1702	Da
GS 10%	0,00098 m³		0,00642 m³		0,01847 m³		0,03584 m³	
GS 10%	34%		21%		22%		22%	
CV (%)	13,25							
p (C x A)	0,0000							

GS = ganao genético de selección de clones que presentaron volumen 10% a mas que la media.

GS = genetic gains based on the selection of clones with a volume 10% greater than average.

Con relación a la ganancia genética con la selección, adoptando el criterio de escoger los clones que presentaron volúmenes 10% a mas que la media general, a los 24 meses fue obtenida la mayor estimativa (34%) y en las edades siguientes las estimativas presentaron valores próximos (21% a 22%).

4 CONCLUSIONES

a) Se observaron variaciones genéticas significativas entre los clones para los caracteres silviculturales evaluados.

b) Correlaciones genéticas y fenotípicas se presentaron altas y significativas entre los caracteres observados, siendo propicio la utilización de la selección precoz a los 36 meses de edad.

c) Los clones 18, 20, 21 y 22 presentaron volúmenes de madera adecuados a los 60 meses, mostrando potencial para ser aprovechados por parte de la empresa para la región de Botucatu, SP, desde que bien aplicadas las técnicas silviculturales.

d) Las ganancias genéticas se mostraron promisoras en el orden de 22% para las edades de 48 y 60 meses de edad.

5 AGRADECIMIENTOS

A la empresa Eucatex por el financiamiento, conducción del experimento y por la disponibilidad de los resultados para su publicación.

BIBLIOGRAFÍA

ALLARD, R.W. **Princípios de melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgar Blucher, 1971. 381 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012** – ano base 2011. Brasília, DF, 2012. 150 p.

BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.

_____.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

FONSECA, S.M. et al. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 200 p.

_____.; NOGUEIRA, M.C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 68, p. 107-112, 2005.

KAGEYAMA, P.Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, v. 24, p. 9-26, 1983.

MADHIBHA, T. et al. Genetic parameter estimates for interspecific *Eucalyptus* hybrids and implications for hybrid breeding strategy. **New Forests**, v. 44, p. 63-84, 2013.

MASSARO, R.A.M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 597-609, 2010.

MIRANDA, A.C. et al. Heritability for resistance to *Puccinia psidii* Winter rust in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden in Southwestern Brazil. **Tree Genetics & Genomes**, v. 9, p. 1-9, 2013.

MORAES, C.B. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para região com ocorrência de geadas. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 102, 2014a.

MORAES, C.B. et al. Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção de árvores de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, 2014b.

PAULA, R.C. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 159-165, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PINTO, C.S. et al. Genetic variability in progenies of *Eucalyptus dunnii* Maiden for resistance to *Puccinia psidii*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n. 14, p. 187-193, 2014.

PIRES, I.E. et al. **Genética florestal**. Viçosa, MG: Arka, 2011. 318 p.

REIS, C.A.F.; SANTOS, P.E.T; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 263-269, 2014.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.

_____.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

ROSADO, A.M. et al. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, 2009.

MORAES, C.B. de et al. Selección de clones de *Eucalyptus*

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-210.

_____.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

WENG, Y.H. et al. Age-related trends in genetic parameters for jack pine and their implications for early selection. **Silvae Genetica**, v. 56, n. 5, p. 242-252, 2007.

WHITE, T.L.; ADAMS, W.T.; NEALE, D.B. **Forest genetics**. Oxford: CAB Internacional, 2007. 683 p.

ZIMBACK, L. et al. Correlações entre caracteres silviculturais durante o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n. 1, p. 57-67, 2011.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley & Sons. 1984. 505 p.

SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES TROPICAIS MADEIREIRAS EM CONSÓRCIO COM ESPÉCIE PIONEIRA EM DIFERENTES PROPORÇÕES¹

SURVIVAL AND GROWTH OF TROPICAL TIMBER SPECIES INTERCROPPED WITH PIONEER SPECIES IN DIFFERENT PROPORTIONS

Caio Eduardo Melo de SOUZA^{2, 4}; Osmar VILAS BÔAS³; Giselda DURIGAN³

RESUMO – O cultivo de espécies florestais nativas com fins comerciais em plantios monoespecíficos vem sendo estudado há algumas décadas no Brasil. A silvicultura por meio de plantios consorciados, porém, raramente tem sido objeto de estudo. Avaliou-se o desempenho de duas espécies nativas de interesse comercial: a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e o angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*), em consorciação com uma espécie pioneira, o capixingui (*Croton floribundus*), para verificar a influência de diferentes proporções da espécie pioneira na sobrevivência e crescimento das espécies de interesse comercial. Testaram-se as hipóteses de que diferentes proporções no plantio consorciado resultam em diferenças no crescimento das espécies e que a resposta ao plantio consorciado é diferente entre as espécies-alvo. O presente estudo foi realizado em dois experimentos, um para cada espécie-alvo, instalados em blocos ao acaso, com cinco repetições de cada tratamento (25, 50, 75 e 85% da espécie pioneira), em Paraguaçu Paulista, SP. Quinze anos após o plantio, os sistemas consorciados apresentaram alguns padrões: 1) a mortalidade superior para a espécie pioneira em comparação com as espécies-alvo, 2) crescimento mais rápido das árvores das espécies-alvo quanto maior a proporção da espécie pioneira, 3) quanto maior a proporção de pioneiras, menor densidade final do sistema, resultando em menor competição e favorecendo o crescimento individual das espécies-alvo, e 4) não houve variação volumétrica por hectare das espécies-alvo que possa ser explicada pela proporção de pioneiras para nenhuma das duas espécies. Assim, embora a consorciação com espécies pioneiras favoreça o crescimento individual das espécies-alvo, não há nenhum efeito da consorciação no volume de madeira produzido por hectare.

Palavras-chave: silvicultura de espécies nativas; plantios mistos; competição; *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*; *Croton floribundus*; *Myracrodruon urundeuva*.

¹Recebido para análise em 12.08.15. Aceito para publicação em 01.12.15.

²Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências e Letras de Assis, Av. Dom Antônio, 2100, Parque Universitário, 19806-900 Assis, SP, Brasil.

³Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Caio Eduardo Melo de Souza – caioeduardoms@hotmail.com

ABSTRACT – The growth of native forest species for commercial purposes in monospecific plantations has been studied for decades in Brazil. However, forestry through mixed stands has rarely been studied. We evaluated the performance of two native species of commercial interest: the aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) and the angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) in mixed stands with a pioneer species, the capixingui (*Croton floribundus*), to verify the influence of different proportions of the pioneer species in the survival and growth of the commercial species. The tested hypothesis was that intercropping in different ratios results in differences in their growth and that the response to the intercropping is different among the target species. The study was conducted in two experiments, one for each target species, installed in randomized blocks, with five repetitions of each treatment (25, 50, 75 and 85% of pioneer species) in Paraguaçu Paulista, state of São Paulo, Brazil. Fifteen years after planting, the intercropped systems showed some patterns and differences. Among the patterns: 1) pioneer species presented higher mortality in comparison to the target species, 2) the higher the proportion of pioneer species, the faster was tree growth of the target species, 3) the higher the proportion of pioneers, the lower the final density of the system, resulting in less competition and favoring growth of the target species and 4) the timber volume per hectare could not be explained by the proportion of pioneer species used in the system for none of the two focal species. So while intercropping with pioneer species favors the individual growth of the target species, there is no effect of intercropping on timber volume produced per hectare.

Keywords: tropical forestry; mixed stands; competition; *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*; *Croton floribundus*; *Myracrodruon urundeuva*.

1 INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo possui oficialmente em seu território cerca de 24,8 milhões de hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2014), dos quais 3,85 milhões (15,5%) eram cobertos por formações florestais e outros tipos de vegetação nativa no início dos anos 1990. No levantamento mais recente (Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo – SIFESP, 2010), tal valor aumentou cerca de 2%, indo para 4,34 milhões de hectares de cobertura vegetal, sendo que deste total aproximadamente 1 milhão de hectares (23%) consiste em áreas reflorestadas (São Paulo, 2008). Supondo que um valor mínimo para cobertura arbórea total seja de 30% do território do Estado (Melo e Faria, 2004), correspondente às exigências mínimas da legislação vigente (áreas de preservação permanente e reservas legais), ainda restariam cerca de 3,1 milhões de hectares a serem reflorestados, aproximadamente 12,5% de toda a extensão do Estado de São Paulo. Esses números se aproximam daqueles apresentados por Castanho Filho et al. (2009), que afirmam ser necessário reflorestar entre 1,7 e 3 milhões de hectares, entre plantios de essências nativas e exóticas, para que as

necessidades gerais de conservação, preservação, manutenção, utilização sustentada e restauração da cobertura vegetal sejam adequadamente supridas.

Além de suprir a necessidade de florestas destinadas à proteção ambiental, a silvicultura deve também atender à demanda de madeira. No Brasil, o extrativismo de árvores nativas corresponde a aproximadamente 18,6% do total de madeira produzida no país (IBGE, 2013). Ainda que esse seja o mais baixo patamar, considerando a última década, tal número ainda pode sofrer variações, uma vez que estimativas apontam que a demanda por madeira no Brasil, atualmente girando em torno de 15 milhões de m³.ano⁻¹, pode ultrapassar os 20 milhões de m³.ano⁻¹ até 2020 (Serviço Florestal Brasileiro – SFB; Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM, 2011). Esse crescimento na demanda certamente aumentará ainda mais a pressão da indústria madeireira sobre os remanescentes nativos (Romeiro et al., 2004).

O desafio da recuperação de florestas em áreas tão extensas esbarra na necessidade de unir os proprietários de terra e a indústria sob a supervisão e estímulo do governo. Mais do que isso, também é preciso demonstrar aos produtores rurais o potencial da silvicultura sustentável como alternativa às demais atividades agropecuárias (Bacha, 2008).

A silvicultura brasileira tem-se baseado em espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que atualmente correspondem a mais de 92% da madeira produzida para fins de exploração (Indústria Brasileira de Árvores – IBA, 2015). Dessa maneira, a demanda por madeira nativa para nichos do mercado, tais como a indústria moveleira e a de construção civil, tem sido suprida pela extração não sustentável de florestas naturais (Machado e Bacha, 2002). A silvicultura da maior parte das essências nativas brasileiras nunca foi objeto de experimentação como deveria e esta lacuna, agravada pela deficiência também na disseminação do conhecimento, dificulta a adoção de medidas extensivas que possam estimular e favorecer novos empreendimentos (Brasil, 2007). No cenário atual, em que a legislação impõe a silvicultura de espécies nativas em plantios mistos como a principal alternativa de exploração econômica para as áreas de reserva legal, estudos sobre o cultivo destas espécies ganham importância não só pelos produtos diferenciados, mas também pela extensão da demanda.

Já é conhecido que o desenvolvimento de espécies vegetais em plantios consorciados é influenciado por atributos das espécies em si, tais como o seu porte ou ritmo natural de crescimento (Kageyama e Castro, 1989). Porém, além de depender de seus atributos intrínsecos, o crescimento de uma espécie arbórea em povoamentos mistos, naturais ou plantados, depende de suas adaptações para competir com as demais espécies pelos recursos do meio, especialmente luz, água do solo e nutrientes (Gerhardt, 1996; Balderrama e Chazdon, 2005; Poorter e Markesteijn, 2008). O plantio consorciado de espécies de diferentes estágios sucessionais, que visa melhorar a produtividade madeireira baseado nos princípios da “produção competitiva” e da “facilitação” (Vandermeer, 1989; Kelty, 2006), ainda beneficia o ambiente ao criar sistemas cujos processos ecológicos são mais semelhantes aos de uma floresta natural quando comparados aos plantios monoespecíficos (Piotto, 2008). Além do benefício ecológico, os plantios mistos trazem ainda benefícios sociais, uma vez que fixam o homem ao campo devido à demanda por mão de obra, ausência de sazonalidade no cultivo, flexibilidade de comercialização e diversidade da produção (Kleinpaul et al., 2010).

O presente trabalho objetivou comparar a sobrevivência e o crescimento de duas espécies arbóreas tropicais – o angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul) e a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), ambas de alto valor comercial como produtoras de madeira, em consorciação com a espécie pioneira capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), espécie pioneira comum na região do estudo, em diferentes proporções entre as espécies plantadas. A consorciação de espécies não pioneiras com espécies pioneiras de rápido crescimento tem sido recomendada em plantios heterogêneos com espécies nativas, especialmente visando reduzir operações de manutenção e melhorar a forma das espécies de interesse comercial. No contexto das complexas interações entre espécies em povoamentos mistos, testaram-se as seguintes hipóteses: 1) diferentes proporções no plantio das espécies resultariam em diferenças no seu ritmo de crescimento, e 2) a resposta mediante o consórcio com a espécie pioneira seria diferente entre as duas espécies analisadas. Esperava-se que a consorciação beneficiasse ambas as espécies e que houvesse uma proporção ótima entre a espécie-alvo e a espécie pioneira, resultando em melhor crescimento para cada uma das espécies analisadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

O estudo foi realizado em dois experimentos de restauração florestal instalados no ano de 1997, na microbacia hidrográfica do ribeirão Água da Cachoeira, tributário da bacia hidrográfica do Médio Paranapanema, município de Paraguaçu Paulista – SP, localizada entre as coordenadas 50°34'22" a 50°37'17"W, e 22°17'36" a 22°23'10"S, a uma altitude aproximada de 510 m (Melo e Faria, 2004). O solo das áreas experimentais é classificado como Argissolo vermelho-amarelo distrófico abrupto, que se caracteriza pela baixa fertilidade e pelo horizonte B textural, que dificulta a infiltração de água, tornando-o suscetível à erosão e acentuando a deficiência hídrica em períodos de estiagem (Campos e Cardoso, 2004).

O clima local é do tipo Cfa, tropical úmido sem estação seca, segundo a classificação de Köppen (Melo e Faria, 2004), com precipitação anual entre 1.430 e 1.517 mm (Fritzsos et al., 2012). A vegetação existente na região, anteriormente às perturbações, consistia em um mosaico de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, tal como em toda a bacia hidrográfica do Médio Paranapanema (Melo e Faria, 2004). A área experimental foi utilizada para agricultura e pastagem durante várias décadas, não havendo potencial de regeneração natural.

2.2 Espécies Utilizadas

Nos experimentos foram utilizadas três espécies florestais nativas da região:

- *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul: conhecida popularmente como angico-vermelho, pertence à família Fabaceae. Árvore semicaducifolia, de crescimento moderado a rápido, pode atingir até 30 m de altura e 120 cm de diâmetro à altura do peito – DAP, apresentando maior porte em florestas estacionais do que em fisionomias abertas. Considerada espécie secundária inicial, o angico-vermelho apresenta características de planta heliófila, demonstra média tolerância a baixas temperaturas e é fixadora de nitrogênio por meio de associação com bactérias do solo. Pode ser cultivada em plantio homogêneo ou em consórcio com espécie pioneira para melhorar a forma do fuste. Por ser uma espécie calcífila, desenvolve-se melhor em solos com boa oferta de cálcio e pH elevado (Carvalho, 1994). A madeira apresenta alta densidade (média entre 0,84 g.cm⁻³ e 1,10 g.cm⁻³), alta durabilidade e alta resistência ao apodrecimento (Rocha et al., 2000). É recomendada para construção rural, naval e civil, podendo ser também utilizada na fabricação de móveis e carvão;
- *Myracrodruon urundeuva* Allemão: popularmente denominada aroeira ou urundeuva, pertence à família Anacardiaceae. Árvore caducifolia, de crescimento lento, sua altura varia de 5 a 30 m e sua diâmetro à altura do peito – DAP varia entre 30 e 60 cm, dependendo das características do local de cultivo. Sua classificação sucessional ainda é discutida entre autores, sendo considerada espécie secundária inicial, secundária tardia e também climática exigente de luz.

Sobrevive ao fogo, tornando-se frequente em vegetação secundária através de reprodução vegetativa. Espécie heliófila de média tolerância a baixas temperaturas. Em condições de cultivo, geralmente apresenta péssima forma, criando ramificações e bifurcando-se cerca de 2 a 3 m do solo, necessitando de ação artificial para criar um fuste adequado para a exploração silvicultural (Carvalho, 1994). Espécie calcífila, apresenta melhor desenvolvimento em solos com características calcárias e pH elevado (Venturin et al., 2000). Apresenta madeira densa, variando entre 1 a 1,21 g.cm⁻³, com cerne altamente durável e imputrescível, sendo considerada a madeira mais resistente do Brasil (Carvalho, 2003). É recomendada para a construção externa e civil, sendo inadequada para a produção de celulose e papel. Considerada vulnerável à extinção em todas as áreas de ocorrência no Brasil (Nunes et al., 2008);

- *Croton floribundus* Spreng.: popularmente conhecida como capixingui, pertence à família Euphorbiaceae. Espécie semicaducifolia, de crescimento rápido, atinge até 20 m de altura e 60 cm de DAP quando adulta. Pioneira, heliófila, intolerante a baixas temperaturas, sendo típica em Floresta Estacional Semidecidual. Sua madeira é moderadamente densa (0,5 a 0,6 g.cm⁻³) e muito suscetível ao apodrecimento, apresentando aplicação restrita (Carvalho, 1994).

2.3 Desenho Experimental

Este estudo se baseou em dados coletados em dois plantios experimentais distintos, espacialmente próximos dentro de uma mesma microbacia, sendo um para a consorciação de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* e *Croton floribundus* (ensaio I) e o outro entre *Myracrodruon urundeuva* e *Croton floribundus* (ensaio II). Nos dois plantios experimentais, adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições de quatro tratamentos para cada uma das espécies-alvo. Por sua vez, os tratamentos foram compostos, respectivamente, por 75%, 50%, 25% e 15% de indivíduos da espécie-alvo e completados por indivíduos da espécie pioneira, obtendo-se as proporções pela distribuição sistemática das mudas dentro de cada linha, alternando-se as espécies dentro da linha de acordo com as proporções dos diferentes tratamentos.

Cada parcela útil foi constituída por quatro linhas contendo oito árvores cada (32 plantas). Entre as parcelas foi mantida bordadura simples, o espaçamento entre mudas foi de 3 m x 2 m para ambos os ensaios, de modo que a área de cada parcela foi de 192 m².

As mudas utilizadas nos experimentos foram produzidas em viveiro, em embalagens plásticas de 800 mL, indo ao campo com idade aproximada de seis meses. As sementes utilizadas foram coletadas na região de estudo pela equipe do Instituto Florestal. Não foi efetuada correção dos solos e nem aplicação de fertilizantes e a manutenção das mudas (capina, coroamento e controle de formigas cortadeiras) foi realizada por dois anos após o plantio. Nenhuma operação de manejo, como desbaste ou desrama, foi realizada durante todo o experimento, de modo que o crescimento das árvores foi condicionado pelas relações de competição estabelecidas com a densidade de plantio (1.667 mudas por hectare).

2.4 Coleta e Análise de Dados

Os dados foram coletados no período de dezembro/2011 a janeiro/2012, de modo que as árvores plantadas tinham idade de 15 anos. O DAP (tomado a 1,30 m do solo) de cada tronco foi medido com suta. A altura total da árvore foi estimada visualmente, com treinamento (Silva et al., 2012). A partir dos dados de diâmetro, foi obtida a área basal de cada indivíduo e o volume foi calculado segundo a equação do cone, utilizando-se a altura estimada de cada árvore.

Com base nos dados obtivemos, para cada espécie dentro de cada parcela, informações sobre sobrevivência (%), altura média, incremento médio anual em altura (dividindo-se a altura total pela idade), diâmetro equivalente – *dg* (diâmetro único estimado a partir da área basal do indivíduo, resultante da soma das áreas basais de todos os fustes, para os indivíduos que apresentaram múltiplos fustes) e incremento médio anual em *dg* (dividindo o *dg* aos 15 anos pela idade). Considerando-se a proporção entre espécies em cada tratamento, o espaçamento de plantio e a área de cada parcela, foi estimado o volume de madeira de cada espécie por hectare, bem como o volume total de madeira em cada um dos sistemas de consórcio.

Para as análises estatísticas, os dados de porcentagens de sobrevivência foram transformados em arcsen raiz ($\sqrt{x/100}$). Após verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade das variâncias, todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância – ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% por meio do software BioEstat 5.3.

3 RESULTADOS

Na consorciação entre *Myracrodruon urundeuva* e *Croton floribundus*, foram observadas diferenças entre os tratamentos em sobrevivência, crescimento em altura e diâmetro de cada uma das espécies consorciadas, exceto no caso da sobrevivência de *C. floribundus*, que variou entre 63,5 e 74,5% e não diferiu entre os tratamentos ($F_{(3,16)} = 0,4119$; $p = 0,7495$; $\alpha = 0,05$) (Tabela 1). Para *M. urundeuva* a sobrevivência foi alta em todos os tratamentos (mínimo de 93,1%), sendo menor quando a proporção da espécie foi mais elevada (75% das mudas), em comparação com os demais tratamentos ($F_{(3,16)} = 3,2748$; $p = 0,0479$; $\alpha = 0,05$). A mortalidade diferenciada entre as espécies resultou em uma densidade final do sistema inversamente proporcional à proporção de pioneiras plantadas.

A altura média das árvores foi baixa para ambas as espécies, não ultrapassando 6,18 m em 15 anos (Tabela 1). O crescimento em altura foi ainda menor, no caso da *M. urundeuva*, quando a proporção da espécie pioneira foi baixa (25%), em comparação com os demais tratamentos ($F_{(3,250)} = 5,5031$; $p = 0,0015$; $\alpha = 0,05$). Por outro lado, o crescimento das árvores de *C. floribundus* foi menor quando a espécie foi plantada em alta proporção (75%), em comparação com o plantio em baixa proporção (25%) ($F_{(3,266)} = 3,5639$; $p = 0,0147$; $\alpha = 0,05$).

Para o crescimento em diâmetro, o comportamento das espécies seguiu o verificado para a altura. As árvores de *M. urundeuva* cresceram mais lentamente quando a proporção da espécie pioneira foi baixa (25%) do que sob alta proporção da espécie pioneira ($F_{(3,251)} = 5,3455$; $p = 0,0018$; $\alpha = 0,05$). Em contrapartida, as árvores de *C. floribundus* cresceram muito mais em diâmetro quando plantadas em baixa proporção (25%) do que nas demais proporções ($F_{(3,266)} = 9,4254$; $p < 0,0001$; $\alpha = 0,05$).

Tabela 1. Sobrevivência e crescimento de *Myracrodruon urundeuva* e *Croton floribundus* (espécie pioneira – P) aos 15 anos após o plantio em consórcio em diferentes proporções. IMA altura – incremento médio anual em altura, dg – diâmetro equivalente, IMA dg – incremento médio anual em dg.

Table 1. Survival and growth of *Myracrodruon urundeuva* and *Croton floribundus* (pioneer species – P) 15 years after intercropping on different proportions. AAI height – average annual increment in height, dg – equivalent diameter, AAI dg – average annual increment in dg.

Espécie	Tratamento	Sobrevivência (%)	Altura (m)	IMA altura (m.ano ⁻¹)	dg (cm)	IMA dg (cm.ano ⁻¹)
<i>M. urundeuva</i>	A (25% P)	93,1b	3,97b	0,26b	3,80b	0,25b
	B (50% P)	100a	5,02a	0,33a	4,89ab	0,36ab
	C (75% P)	99,5a	5,53a	0,36a	5,89a	0,39a
	D (85% P)	99,1a	5,40ab	0,34ab	6,12a	0,41a
<i>C. floribundus</i>	A (25% P)	63,5a	6,18a	0,41a	12,33a	0,82a
	B (50% P)	72,5a	4,87ab	0,32ab	7,18b	0,48b
	C (75% P)	77,5a	5,06ab	0,34ab	6,95b	0,47b
	D (85% P)	74,5a	4,28b	0,29b	5,89b	0,40b

Para cada espécie, valores seguidos pela mesma letra dentro de uma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

For each species, values followed by the same letter within a column do not differ statistically by Tukey test ($p > 0.05$).

Na consorciação entre *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* e *Croton floribundus*, verifica-se que houve também diferenças na sobrevivência e no crescimento das espécies quando plantadas em diferentes proporções (Tabela 2). Contudo, diferenças nos resultados foram observadas apenas para *A. colubrina* var. *cebil*. A sobrevivência desta foi de 100% quando a espécie pioneira foi plantada em alta densidade, sendo menor nos tratamentos em que a proporção da espécie pioneira foi inferior a 50% ($F_{(3,16)} = 5,4926$; $p = 0,0088$, $\alpha = 0,05$). Considerando-se que a mortalidade de *C. floribundus*, cuja média não variou entre tratamentos ($F_{(3,16)} = 0,8540$; $p = 0,5130$; $\alpha = 0,05$), foi mais que o dobro da mortalidade de *A. colubrina* var. *cebil*, depreende-se que a

densidade final do sistema foi maior quanto menor a proporção da espécie pioneira, padrão este que também foi observado para *M. urundeuva*.

O crescimento das árvores de *A. colubrina* var. *cebil* em altura foi maior quando 75% das mudas plantadas eram da espécie pioneira, em comparação com o tratamento com apenas 25% de pioneiras ($F_{(3,236)} = 4,3884$; $p = 0,0053$; $\alpha = 0,05$) (Tabela 2). Para o diâmetro, o padrão foi ainda mais consistente, com maior crescimento de *A. colubrina* var. *cebil* em diâmetro nos dois tratamentos em que a proporção de pioneiras era mais alta, em comparação com os dois tratamentos com menores proporções da pioneira ($F_{(3,236)} = 18,3680$; $p < 0,0001$; $\alpha = 0,05$).

Tabela 2. Sobrevida e crescimento de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* e *Croton floribundus* (espécie pioneira – P) aos 15 anos após o plantio em consórcio em diferentes proporções. IMA altura – incremento médio anual em altura, dg – diâmetro equivalente, IMA dg – incremento médio anual em dg.

Table 2. Survival and growth of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* and *Croton floribundus* (pioneer species – P) 15 years after intercropping on different proportions. AAI height – average annual increment in height, dg – equivalent diameter, AAI dg – average annual increment in dg.

Espécie	Tratamento	Sobrevida (%)	Altura (m)	IMA altura (m.ano ⁻¹)	dg (cm)	IMA dg (cm.ano ⁻¹)
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	A (25% P)	88,8b	10,91b	0,73b	16,99b	1,13b
	B (50% P)	92,7b	12,49ab	0,83ab	20,89b	1,39b
	C (75% P)	94ab	14,13a	0,94a	29,15a	1,94a
	D (85% P)	100a	12,90ab	0,86ab	30,28a	2,02a
<i>C. floribundus</i>	A (25% P)	34,2a	5,98a	0,39a	8,05a	0,54a
	B (50% P)	40,6a	7,43a	0,49a	10,11a	0,67a
	C (75% P)	38,9a	6,07a	0,40a	8,50a	0,57a
	D (85% P)	44a	7,08a	0,47a	9,55a	0,64a

Para cada espécie, valores seguidos pela mesma letra dentro de uma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

For each species, values followed by the same letter within a column do not differ statistically by Tukey test ($p > 0.05$).

As comparações de produção de madeira entre os sistemas de consórcio mostram, para ambas as espécies-alvo, que o volume médio de árvores individuais tende a ser maior quanto menor a proporção da espécie com relação à espécie pioneira (*M. urundeuva* – $F_{(3,250)} = 5,1771$; $p = 0,0021$, $\alpha = 0,05$; *A. colubrina* var. *cebil* – $F_{(3,236)} = 14,4212$; $p < 0,0001$; $\alpha = 0,05$) (Tabela 3). Embora os dois experimentos não tenham sido comparados estatisticamente, considerando-se que as

condições ambientais das duas áreas eram muito semelhantes, a diferença no volume total de madeira entre os sistemas indica que *A. colubrina* var. *cebil* resulta em maior produtividade do que *M. urundeuva*. Porém, não houve efeito da proporção de pioneiras plantadas sobre o volume total por hectare de nenhuma das duas espécies-alvo (*M. urundeuva* – $F_{(3,16)} = 0,1791$; $p = 0,9087$; $\alpha = 0,05$; *A. colubrina* var. *cebil* – $F_{(3,16)} = 1,7177$; $p = 0,2028$; $\alpha = 0,05$).

Tabela 3. Parâmetros relacionados à produção de madeira das espécies-alvo (*Myracrodruon urundeuva* e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) quando consorciadas com espécie pioneira – P (*Croton floribundus*) nos diferentes tratamentos.

Table 3. Parameters related to timber production of the target species (*Myracrodruon urundeuva* and *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) when intercropped with a pioneer species – P (*Croton floribundus*) on different treatments.

Espécie	Tratamento	Vol. médio por árvore (m ³)	Vol. de madeira espécie-alvo (m ³ .ha ⁻¹)	Vol. total de madeira no consórcio (m ³ .ha ⁻¹)
<i>M. urundeuva</i>	A (25% P)	0,0041b	4,74a	16,26a
	B (50% P)	0,0064ab	5,31a	12,94a
	C (75% P)	0,0105a	4,26a	18,46a
	D (85% P)	0,0136a	3,41a	15,83a
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	A (25% P)	0,1542b	167,08a	169,32a
	B (50% P)	0,2240b	168,03a	177,96a
	C (75% P)	0,4139a	155,22a	166,37a
	D (85% P)	0,4083a	106,34a	122,24a

Para cada espécie, valores seguidos pela mesma letra dentro de uma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

For each species, values followed by the same letter within a column do not differ statistically by Tukey test ($p > 0.05$).

4 DISCUSSÃO

O incremento anual em diâmetro de *Myracrodruon urundeuva* nos plantios consorciados neste estudo (máximo de 0,41 cm.ano⁻¹) foi inferior ao que tem sido mencionado na literatura para plantios puros desta espécie, com valores geralmente superiores a 0,5 cm.ano⁻¹ (Garrido, 1981; Barros, 1970; Carvalho, 2003). O incremento médio anual em diâmetro para *Croton floribundus* (máximo de 0,82 cm.ano⁻¹) também foi inferior ao mencionado na literatura para a espécie, mesmo em plantios heterogêneos, que costuma ser superior a 2 cm.ano⁻¹ (Asperti, 2001; Santarelli, 1990; Speltz, 1968). Tais resultados poderiam estar relacionados com a baixa fertilidade dos solos nas áreas experimentais, desfavorecendo o crescimento das espécies plantadas; porém, o fato de que todas as espécies ocorrem naturalmente na região do estudo, associado ao bom desempenho comparativo de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*, levam à consideração de que a falta de desbastes ao longo dos 15 anos, desde o plantio, é a explicação mais provável para as baixas taxas de incremento em diâmetro. Essa condição deve ter submetido as plantas a alto nível de competição por longo tempo em todos os tratamentos, especialmente por água do solo, resultando em crescimento lento; exceto para *A. colubrina* var. *cebil*, espécie fixadora de nitrogênio que parece ser dominante e que apresenta elevada plasticidade fenotípica (Toledo Filho, 1988), levando aparente vantagem competitiva com relação a *C. floribundus*. A inexistência de diferenças no crescimento das espécies entre os tratamentos, nesses mesmos experimentos, quando avaliados aos cinco anos de idade (Melo e Faria, 2004), é um indício a mais de que os diferentes níveis de competição impostos pelas diferentes proporções de espécies pioneiras, ao longo do tempo, foram um fator-chave para influenciar o crescimento das árvores plantadas.

Os sistemas silviculturais analisados apresentaram alguns padrões. A mortalidade da espécie pioneira foi superior à das espécies-alvo, o que é esperado com base no conhecimento sobre a longevidade das espécies de diferentes grupos sucessionais (Budowsky, 1965; Denslow, 1980; Kageyama e Gandara, 2001). Outro padrão encontrado neste estudo, inesperado à primeira vista,

foram maiores valores de diâmetro das espécies-alvo nos tratamentos com maior densidade de plantio da espécie pioneira. Esse resultado parece conflitar com as teorias existentes, pois era de se esperar que as espécies pioneiras, de rápido crescimento, exercessem maior competição quanto maior sua proporção nos sistemas, prejudicando o crescimento das espécies não pioneiras (Durigan et al., 1999; Laurance et al., 2006; Poorter et al., 2010; Tabarelli et al., 2010); porém, a análise conjunta dos resultados de crescimento e sobrevivência leva à constatação de que as árvores das espécies-alvo cresceram melhor quanto menor a densidade de árvores existentes no sistema aos 15 anos, o que é coerente com todo o conhecimento já existente sobre silvicultura e competição (Amoroso e Turnblom, 2006; Kely, 2006). Na consorciação de *M. urundeuva* com *C. floribundus*, aos 15 anos, o tratamento com 25% de pioneiras tinha, no total, 126 árvores a mais por hectare do que o tratamento com 85% de pioneiras. Na consorciação de *A. colubrina* var. *cebil* com *C. floribundus*, o tratamento com 25% de pioneiras tinha no total 379 árvores a mais por hectare do que o tratamento com 85% de pioneiras, tendo diminuído drasticamente a proporção de árvores da espécie pioneira em relação à proporção em que foram plantadas. Portanto, a morte das árvores pioneiras funcionou, provavelmente, como uma operação de desbaste, reduzindo a competição por recursos do meio e, assim, beneficiando as árvores da espécie-alvo em ambos os casos – de *M. urundeuva* e de *A. colubrina* var. *cebil*.

Embora as árvores das espécies-alvo tenham crescido mais nos sistemas com maior proporção de pioneiras, a produção em volume de madeira por hectare não diferiu entre tratamentos para nenhuma das duas espécies, havendo um *trade-off* entre crescimento e densidade, decorrente da competição, já que não houve desbaste. Os resultados analisados para ambos os ensaios apontam para a necessidade de manejo dos sistemas, que deve ser distinta entre as diferentes combinações de espécies, considerando as diferenças no ritmo de crescimento das espécies-alvo. O desbaste da espécie pioneira poderia ter resultado em melhor crescimento das espécies-alvo em ambas as combinações de espécies; porém, o momento ideal do desbaste e a resposta das espécies-alvo quanto ao seu crescimento e produção de madeira não parece seguir um padrão, e isto se deve ao ritmo de crescimento das espécies.

O volume total de madeira por hectare foi surpreendentemente distinto entre os dois ensaios. Embora se tratem de experimentos diferentes, o crescimento médio em dg semelhante das árvores de *C. floribundus* nos dois casos (8 e 9 cm em 15 anos na consorciação com *M. urundeuva* e *A. colubrina* var. *cebil*, respectivamente) leva a crer que as condições ambientais sejam semelhantes nas duas áreas experimentais, que são bastante próximas, de modo que a capacidade de suporte do meio deve ser semelhante; porém, ainda que os dois ensaios não tenham sido comparados estatisticamente, o volume total de madeira por hectare para o experimento como um todo, na combinação de *A. colubrina* var. *cebil* com *C. floribundus*, foi dez vezes maior em relação à combinação de *M. urundeuva* com *C. floribundus*. Essa diferença está relacionada com a eficiência das espécies em utilizar os recursos do meio, como nutrientes e, especialmente, água, que é um recurso escasso na região, que tem clima estacional. A grande diferença de produtividade entre os sistemas não deve ser negligenciada, já que esta desproporção se mantém mesmo quando apenas o volume de madeira das espécies-alvo é considerado. Conclui-se que em plantios consorciados, quando o crescimento lento de uma espécie poderia, teoricamente, ser compensado pelo crescimento da(s) outra(s) espécies, gerando florestas com biomassa ou produtividade semelhantes para condições ambientais semelhantes, isto, de fato, não acontece na prática. Assim, na silvicultura de espécies nativas, a produtividade do sistema continua dependendo da escolha de espécies, mesmo em plantios mistos.

5 CONCLUSÕES

A hipótese de que diferentes proporções das espécies na ocasião do plantio resultariam em diferenças no seu ritmo de crescimento foi confirmada neste estudo. O crescimento individual das árvores das duas espécies-alvo foi maior quanto maior a proporção de árvores da espécie pioneira no consórcio, porém, o resultado, que parece apontar um benefício da espécie pioneira para a não pioneira, na verdade é explicado pela maior mortalidade nos sistemas com mais árvores pioneiras, reduzindo a competição e, indiretamente, favorecendo o desenvolvimento das espécies-alvo.

A hipótese de que a resposta mediante o consórcio com a espécie pioneira seria diferente entre as duas espécies analisadas foi comprovada no que tange à produção de madeira. Não foi encontrado, porém, para nenhuma das duas espécies, a proporção ótima entre a espécie-alvo e a espécie pioneira, que resultasse em melhor crescimento das árvores individuais e maior volume de madeira por hectare.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Silvío dos Santos e demais funcionários da Estação Experimental J. J. Galhardo pela ajuda na coleta dos dados, à Japan International Cooperation Agency pelo financiamento da instalação dos experimentos, aos revisores do periódico pelas sugestões e Giselda Durigan agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo: 302939/2009-1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOROSO, M.M.; TURNBLOM, E.C. Comparing productivity of pure and mixed Douglas-fir and western hemlock plantations in the Pacific Northwest. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 36, p. 1484-1496, 2006.
- ASPERTI, L.M. **Monitoramento e avaliação de um repovoamento florestal implantado com espécies nativas no entorno de uma várzea em Santa Cruz das Palmeiras (SP)**. 2001. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Guarulhos, Guarulhos.
- BACHA, C.J.C. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, v. 55, n. 2, p. 5-24, 2008.
- BALDERRAMA, S.I.V.; CHAZDON, R.L. Light-dependent seedling survival and growth of four tree species in Costa Rican second-growth rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 383-395, 2005.
- BARROS, D.P. Ensaio de espaçamento inicial para “aroeira”. **Silvicultura em São Paulo**, v. 7, p. 39-41, 1970.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais – PENSAF**. Brasília, DF, 2007. 44 p.

BUDOWSKY, G. Distribution of tropical American rain forest in the light of successional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

CAMPOS, S.P.; CARDOSO, L.G. Geoprocessamento aplicado ao planejamento do uso do solo em bacia hidrográfica. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista** – resultados da Cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 67-79.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA- SPI, 1994. 639 p.

_____. **Aroeira verdadeira**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2003. 16 p. (Circular Técnica, 82).

CASTANHO FILHO, E.P. et al. **Avaliação do Plano de Desenvolvimento Florestal Sustentável – PDFS – 1993/2009**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola – IEA, 2009. 52 p.

DENSLOW, J.S. Gap partitioning among tropical rain forest trees. **Biotropica**, v. 12, n. 2, p. 47-55, 1980.

DURIGAN, G.; GURGEL-GARRIDO, L.M.A.; GARRIDO, M.A.O. Desenvolvimento de *Plathymenia reticulata* Benth. em plantio puro e em consorciação com espécies de diferentes estádios sucessionais. **Revista do Instituto Florestal**, v. 11, n. 2, p. 131-136, 1999.

FRITZSONS, E. et al. Zoneamento climático para plantio experimental de *Pinus maximinoi* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 79-92, 2012.

GARRIDO, M.A.O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e mistos de espécies nativas**. 1981. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 82, p. 33-48, 1996.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Ibá 2015**. Brasília, DF, 2015. 80 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da extração vegetal e silvicultura 2013**. Rio de Janeiro, 2013. v. 28, 66 p.

_____. **Área Territorial Oficial 2013**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 15 jul. 2015.

KAGEYAMA, P.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **Scientia Forestalis**, v. 41/42, p. 83-93, 1989.

_____.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2001. p. 249-269.

KELTY, M.J. The role of species mixtures in plantation forestry. **Forest Ecology and Management**, v. 233, p. 195-204, 2006.

KLEINPAUL, I.S. et al. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I – produção de biomassa. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 621-627, 2010.

LAURANCE, W.F. et al. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology**, v. 87, n. 2, p. 469-482, 2006.

MACHADO, J.A.R.; BACHA, C.J.C. Análise da rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras: o caso do Estado de São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 40, n. 3, p. 581-604, 2002.

- MELO, A.C.G; FARIA, H.H. Três ensaios de crescimento para espécies arbóreas de valor comercial em plantio consorciado a espécie pioneira em Paraguaçu Paulista, SP. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista** – resultados da Cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 397-407.
- NUNES, Y.R.F. et al. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão – Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 233-243, 2008.
- PIOTTO, D. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3-4, p. 781-786, 2008.
- POORTER, L; MARKESTEIJN, L. Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. **Biotropica**, v. 40, n. 3, p. 321-331, 2008.
- _____. et al. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v. 185, n. 2, p. 481-492, 2010.
- ROCHA, F.T. et al. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo: V – avaliação final (20 anos). **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, n. 1, p. 59-66, 2000.
- ROMEIRO, A.R.; MANGABEIRA, J.A.C; VALLADARES, G.S. Biodiversidade, reflorestamento e agropecuária no Brasil. **Florestar Estatístico**, v. 7, n. 16, p. 15-22, 2004.
- SANTARELLI, E.G. Comportamento de algumas espécies vegetais na recomposição de matas nativas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 232-235.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento – SAA. **LUPA – Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo: dados consolidados do estado de São Paulo 2007/2008**. São Paulo: Coordenadoria de Assistência Técnica – CATI, 2008. 24 p.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB; INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA – IPAM. **Relatório técnico** – florestas nativas de produção brasileiras. Brasília, DF, 2011. 28 p.
- SILVA, G.F. et al. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 341-348, 2012.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIFESP. **Quantificação da vegetação natural remanescente para os municípios do estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/tabelas/municipio_maior_porc.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.
- SPELTZ, R.M. Comportamento de algumas essências nativas na Fazenda Monte Alegre. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1968, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Federação das Indústrias do Estado do Paraná; Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1968. p. 299-302.
- TABARELLI, M. et al. Effects of pioneer tree species hyperabundance on forest fragments in northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 24, n. 6, p. 1654-63, 2010.
- TOLEDO FILHO, D.V. Competição de espécies arbóreas de cerrado. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, v. 42, p. 61-70, 1988.
- VANDERMEER, J. **Ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237 p.
- VENTURIN, R.P. et al. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Revista Cerne**, v. 6, n. 1, p. 30-39, 2000.

**VOLUME DE MADEIRA DE *Pinus taeda* L.
EM DIFERENTES ESPAÇOS VITAIS DE CRESCIMENTO¹**

WOOD VOLUME OF *Pinus taeda* L. AT DIFFERENT GROWING SPACINGS

Rodrigo LIMA^{2, 5}; Sebastião do Amaral MACHADO³; Afonso FIGUEIREDO FILHO⁴;
Mario Takao INOUE⁴; João Maurício PACHECO⁴

RESUMO – *Pinus taeda* L. é uma das espécies do gênero *Pinus* mais plantadas na região Sul do Brasil por apresentar excelente crescimento e ótima adaptação às condições climáticas e de solo. Essa espécie é utilizada em larga escala, principalmente para a produção de celulose, construção civil, laminação, produção de móveis, particulados e serraria. Objetivou-se avaliar a produção volumétrica de *Pinus taeda* L. em diferentes espaços vitais de crescimento (entre 1 m² e 16 m² por planta) propiciados por nove diferentes espaçamentos entre árvores de um ensaio em cinco blocos ao acaso. O trabalho baseou-se nas medidas de altura e DAP em 25 árvores internas da parcela, aos sete anos após plantio das mudas oriundas de pomar de sementes clonal. Valores estimados de volume por hectare foram inversamente proporcionais ao aumento do espaço vital, alcançando entre 74,2 e 274,8 m³/ha. Os incrementos médios em volume atingiram entre 10,60 e 39,25 m³/ha/ano. Concluiu-se que, se o objetivo é a produção volumétrica mesmo com diâmetros pequenos, deve-se optar por espaços vitais menores. Quando se deseja maiores diâmetros, a opção é por espaços maiores. No presente caso, o melhor compromisso entre produção volumétrica e diâmetros grandes pode estar nos espaços vitais intermediários, entre 5 e 8 m² para cada árvore.

Palavras-chave: *Pinus*; espaçamento; produção florestal; incremento anual.

ABSTRACT – *Pinus taeda* L. is one of the most *Pinus* species planted in southern Brazil, because it presents excellent growth and optimum adaptation to climatic and soil condition. The species is used in large scale, mainly for cellulose production, construction, laminating, production of furniture, particulates and sawmill. It was aimed to evaluate the *Pinus taeda* L. volumetric production at different growth vital spaces (ranging 1 m² and 16 m² per plant) provided by nine different spacings between plants, the trial was installed in a randomized blocks with five replications. The study was based on height and DBH measurements of 25 internal trees in the plot at seven years after seedlings planting from seeds of clonal orchard. The estimated volume per hectare was inversely proportional to increase of vital spaces, ranging from 74.2 to 274.8 m³/ha. The increases in average volume reached between 10.60 and 39.25 m³/ha/year. It follows that, if the aim is the volumetric production despite of a small diameter, small vital spacing should be chosen. If the larger diameter is desired, larger vital spacing should be the option. In the present case, the best compromise between volume production and large diameters may be in the vital intermediate spaces, between 5 and 8 m² for each tree.

Keywords: *Pinus*; spacing; forestry production; annual increment.

¹Recebido para análise em 07.07.15. Aceito para publicação em 01.12.15.

²SENAI – Faculdade de Tecnologia da Indústria, Av. Presidente Kennedy, 66, Centro, 84260-400 Telêmaco Borba, PR, Brasil.

³Universidade Federal do Paraná – UFPR, Av. Lothário Meissner, 900, Jd. Botânico, 80210-170 Curitiba, PR, Brasil.

⁴Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, PR 153, Km 7, Riozinho, 84500-000 Irati, PR, Brasil.

⁵Autor para correspondência: Rodrigo Lima – rodrigo.lima@pr.senai.br

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem papel fundamental no fornecimento de madeira para produção de energia e matéria-prima para a indústria de construção civil e de transformação. Na análise feita por Vasques et al. (2007), a atividade do reflorestamento com *Pinus* tem contribuído para a conservação de nossas florestas naturais, pois a utilização de matéria-prima de reflorestamento substitui com vantagens, em alguns segmentos industriais, a madeira das florestas naturais, cada vez mais controladas pelas autoridades. Assim, o reflorestamento resolve dois problemas ao mesmo tempo: o da demanda por matéria-prima de rápido crescimento e a conservação do ambiente.

As primeiras sementes de *Pinus taeda* foram introduzidas no Brasil em 1936 pelo Serviço Florestal, atualmente Instituto Florestal de São Paulo (Kronka et al., 2005). Segundo Shimizu (2006), em 1948, por meio do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas no país, para ensaios, as espécies americanas conhecidas nas origens como “pinheiros amarelos”, entre essas espécies o *Pinus taeda*.

Nos primeiros reflorestamentos de *Pinus*, no Sul do Brasil, entre as décadas de 1960 e 1970, geralmente o espaçamento utilizado nos plantios com *Pinus* era de 2,0 m x 2,0 m. Com o passar do tempo e a diversificação na utilização florestal, tal atividade evoluiu para espaçamentos maiores (em geral, 2,5 m x 3,5 m, entre outros). Sabe-se que em espaçamentos maiores, maior também é a formação de galhos, o que pode trazer eventuais prejuízos à produção de madeira para laminação e serraria, que demandam madeira livre de nós (Sutton, 1970). Em tais espaçamentos, pode ocorrer maior acúmulo de madeira juvenil em relação a espaçamentos menores, e que, em idade de corte final, pode influenciar na qualidade tecnológica da madeira, como mostra a revisão conduzida por Haselein et al. (2000).

O espaço vital de crescimento pode afetar também o desenvolvimento dos ramos, conforme constatado por Inoue et al. (2009), que demonstraram que espaços vitais mais largos propiciaram desenvolvimento de ramos mais grossos. A disponibilidade do espaço vital de crescimento pode afetar também o comportamento fisiológico de plantas, expresso em outras variáveis, como, por exemplo, a produção de casca verde em *Acacia mearnsii* De Wild relatada por Klein et al. (1992), que demonstraram a maior produção em espaçamentos menores.

Para Pacheco et al. (2015), a variável mais importante junto ao diâmetro das árvores em um plantio florestal é sem dúvida o volume por hectare, que representa a produção por unidade de área ou o estoque existente em um dado momento da floresta.

Segundo Scolforo (1998), quando o povoamento é muito denso o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, retardando o crescimento e desenvolvimento da planta, comprometendo, assim, o desenvolvimento radicial e da copa, afetando diretamente a qualidade e quantidade da produção. A decisão sobre o espaçamento a ser adotado constitui a primeira prática silvicultural que poderá influenciar nas propriedades da futura árvore (Kronka et al., 2005).

Atualmente, com o desenvolvimento de tecnologias industriais, a utilização de madeira de diferentes dimensões possibilita que se aproveite matéria-prima juvenil. É conhecido que a maior parte dos custos de implantação de florestas ocorre na fase juvenil das árvores (implantação e tratamentos culturais). Além de outros fatores de sítio e clima, o espaço vital requerido pela árvore num talhão é de extrema importância, principalmente nessa fase do crescimento. Assim, o uso de espaçamentos menores abre possibilidades de produção mais eficaz por área plantada, diminuindo os custos do empreendimento.

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito de diferentes espaços vitais de crescimento na produção volumétrica de *Pinus taeda* L. com sete anos de idade, com vistas a discutir possíveis alternativas ideais de espaço vital para esta espécie na situação de competição em talhões.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da Área de Estudo

O objeto de estudo do presente trabalho foi um experimento implantado no ano de 2002 no Campus Universitário de Irati. O município de Irati encontra-se a 156 km da cidade de Curitiba, capital do Paraná. Está localizado na região sudeste do estado, entre as coordenadas geográficas 25°27'56" de latitude Sul com interseção com o meridiano 50°37'51" de longitude Oeste.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é definido como Cfb Subtropical Úmido Mesotérmico, de verões frescos, geadas severas e frequentes, sem estação seca. A média das temperaturas dos meses mais frios são inferiores a 11 °C e dos meses mais quentes inferiores a 24,2 °C (Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR, 2013).

Na área do experimento o solo foi classificado de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2006) e definido como Neossolo Regolítico Distro úmblico léptico (RRdh), com textura muito argilosa (Lima et al., 2009).

Foram utilizadas mudas de *Pinus taeda* L. oriundas de sementes clonais doadas pela empresa Klabin Monte Alegre, plantadas manualmente em terreno após passagem de grade florestal, em covas abertas com sacho. Considerando a declividade do terreno, o experimento foi planejado usando delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, dispostos paralelamente à declividade. Para simular diferentes espaços vitais de crescimento, foram utilizados nove tratamentos de espaçamento entre mudas: 1,0 m x 1,0 m; 2,0 m x 1,0 m; 2,0 m x 2,0 m; 3,0 m x 2,5 m; 3,0 m x 3,0 m; 3,5 m x 3,0 m; 4,0 m x 3,0 m; 4,0 m x 3,5 m e 4,0 m x 4,0 m, que geraram espaços vitais para cada árvore, respectivamente, de 1,0 m², 2,0 m², 4,0 m², 7,5 m², 9,0 m², 10,5 m², 12,0 m², 14,0 m² e 16,0 m².

Segundo Inoue et al. (2011), em função das características do terreno, o experimento foi implantado em parcelas de dimensões distintas, considerando, no sentido do bloco, independentemente

do tratamento, a quantidade fixa de oito plantas. Assim, por exemplo, o Tratamento 1 (1,0 m x 1,0 m) tem sete metros de distância entre a primeira e a oitava planta, enquanto o Tratamento 9 (4,0 m x 4,0 m) tem 28 m de distância entre a primeira e a oitava planta. No sentido entre blocos, as parcelas têm comprimento fixo de 28 metros e quantidade diferente de plantas em função do tratamento. As árvores pertencentes ao experimento não foram submetidas às operações de poda e desbaste até os sete anos de idade.

2.2 Coleta de Dados

O presente trabalho baseia-se nos dados medidos quando as plantas tinham sete anos de idade após plantio, em 2009. Foram consideradas as medidas de altura total (clinômetro eletrônico *Haglöf*) e CAP (fita métrica comum) das 25 árvores internas de cada parcela, posteriormente transformado em DAP (diâmetro a 1,3 m do solo). Foram avaliadas, neste estudo, somente árvores que sofreram processo normal de competição, ou seja, árvores de bordadura não foram mensuradas.

A estimativa do volume foi feita individualmente, usando o valor 0,5 para compensação do fator de forma, ou seja, multiplicou-se a área transversal de cada árvore pela altura total e depois pelo fator de forma.

2.3 Análises Estatísticas

As estatísticas foram feitas tomando-se a média da parcela (25 árvores). A estimativa da produção volumétrica por hectare e o incremento médio anual por hectare foram baseados na área de cada parcela e extrapolados para o hectare, em que se desconsiderou a taxa de mortalidade. Após o teste de Bartlett, os dados foram logaritimizados para homogeneizar a variância. Para a interpretação das relações entre variáveis dendrométricas foram calculadas regressões. As análises das variâncias foram executadas com o programa *Sigma*, enquanto as demais estatísticas foram efetuadas com o programa *Statgraphics Plus* 5.1. A comparação entre médias foi feita pelo teste *least significant difference* (LSD) de Fischer, sempre ao nível de 95% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho em Volume

Os diferentes espaçamentos causaram efeitos significantes no acúmulo em volume de madeira do fuste das árvores de *Pinus*, calculado no sétimo ano após o plantio. As médias dos valores obtidos nos cálculos estão representadas na Tabela 1.

Os valores mais elevados de volume de

madeira por hectare foram alcançados pelas árvores dos espaços vitais menores, ou seja, 1 e 2 m² por árvore. Pacheco et al. (2015) trabalharam com o mesmo experimento e analisaram os dados até a idade de 9 anos, utilizando-se da análise completa de tronco (ANATRO). Segundo os autores, o volume por hectare foi afetado pelo espaçamento e diferenças entre tratamentos foram constatadas a partir do quinto ano de idade, em que os espaçamentos de 1 e 2 m² apresentaram a maior produção.

Tabela 1. Média do volume estimado (m³/ha), desvio padrão e coeficiente de variação de *Pinus taeda* L. aos sete anos de idade em função dos espaçamentos usados.

Table 1. Mean of estimated volume (m³/ha), standard deviation and coefficient of variation of *Pinus taeda* L. at age seven in relation to used spacing.

Espaçamento (m x m)	Espaço vital (m ²)	Volume estimado (m ³ /ha)	Desvio padrão (m ³ /ha)	Coeficiente de variação (%)
1,0 x 1,0	1,0	274,8 a	110,7	40
2,0 x 1,0	2,0	265,3 a	54,6	20
2,0 x 2,0	4,0	173,2 b	33,9	19
3,0 x 2,5	7,5	122,6 c	19,8	16
3,0 x 3,0	9,0	117,6 c	24,3	20
3,0 x 3,5	10,5	101,5 c	19,9	19
4,0 x 3,0	12,0	100,0 c	14,5	14
4,0 x 3,5	14,0	92,6 cd	13,7	14
4,0 x 4,0	16,0	74,2 d	17,6	23

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de $p < 0,05$ pelo teste LSD de Fisher.

Values followed by the same letter do not differ at $p < 0.05$ by Fisher's LSD test.

Um grupo homogêneo de volume de madeira por hectare foi constituído pelas árvores dos espaços entre 7,5 a 14 m² por árvore. O espaço vital com 14 m² também apresentou semelhança estatística quando comparado ao tratamento com espaço vital mais amplo (16 m²). O menor volume de madeira por hectare foi alcançado pelas árvores do maior espaço vital, atingindo apenas 27% do

volume mostrado pelas árvores do menor espaçamento. Os resultados apontam para certo controle estatístico do experimento, com coeficientes de variação entre 14% e 40%, o que, para dados obtidos em campo para espécies florestais, pode ser considerado bom. A tendência de maiores volumes de fuste em espaçamentos menores foi comprovada pela análise de regressão, mostrada na Figura 1.

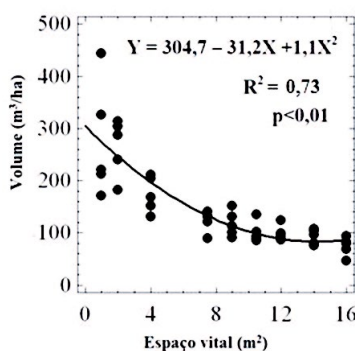


Figura 1. Regressão entre volume por hectare e espaço vital de *Pinus taeda* L. aos sete anos.

Figure 1. Regression between volume per hectare and vital space of *Pinus taeda* L. at age seven.

A regressão ($R^2 = 0,73$), altamente significativa entre o volume/ha e o espaço vital, confirma a tendência verificada de menores valores desta variável nos espaçamentos maiores. Tal resultado deve-se ao maior número de árvores por unidade de área nos espaçamentos menores, porém, todas de diâmetro pequeno. Esses resultados apresentam implicações ecológicas e silviculturais importantes, pois ensejam aspectos de ocupação da área produtiva.

Combinados com uma área basal maior e respectivo volume maior, os espaçamentos menores propiciaram às árvores um aproveitamento maior dos fatores de produção, como luz, água, nutrientes, entre outros, quando comparadas com as árvores dos espaçamentos maiores que, não obstante a disponibilidade de um espaço vital maior, não foram capazes de desenvolver uma área basal maior nem a produção de um volume maior por hectare. No entanto, considerando-se o desempenho por árvore, os indivíduos que cresceram no espaçamento mais apertado apresentaram,

em média, volume equivalente a apenas 23% do volume alcançado pelas árvores que cresceram no espaçamento maior.

O experimento demonstra que pode existir um ponto de compromisso entre o espaço vital disponível para crescimento e o respectivo comportamento das árvores, levando-se em consideração a qualidade do produto desejável: os espaços vitais apertados propiciam uma produção volumétrica maior com árvores de menor diâmetro, enquanto os espaços vitais muitos largos propiciam árvores com diâmetros maiores, contudo a produção de volume por unidade de área é menor. Para algumas aplicações, interessa só o volume, para outras, árvores mais grossas. No presente caso, o melhor compromisso entre produção volumétrica e diâmetros maiores pode estar nos espaços vitais intermediários, entre 5 m² e 8 m², como mostra a Figura 2.

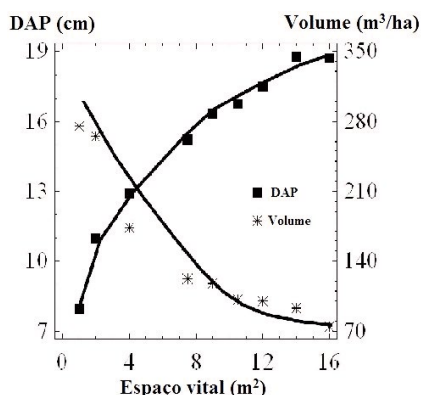


Figura 2. Intersecção aproximada dos valores médios de DAP e de volume relacionados aos espaços vitais por árvore.

Figure 2. Approximate intersection of average values of DBH and volume in relation to vital space per tree.

O ponto de melhor compromisso entre diâmetro individual e volume por hectare está no espaço vital de aproximadamente 5 m², que mostra DAP médio acima de 13 cm e volume por hectare em torno de 200 m³. Em espaço vital equivalente a 8 m², já se pode encontrar árvores com DAP maior do que 15 cm e um volume acumulado de aproximadamente 130 m³ por hectare. Em espaçamentos maiores, encontram-se árvores mais grossas, no entanto, o volume produzido por hectare diminui sensivelmente. Em espaçamentos menores, ocorre o inverso. Nos intervalos considerados, pode-se esperar o incremento do DAP entre 1,85 e 2,14 cm por ano e o incremento em volume entre 28,5 e 18,5 m³ por ha/ano.

Notou-se, no presente estudo, que, embora espaços vitais mais reduzidos produzam árvores mais finas, estas tendem a apresentar conicidade menor, enquanto árvores com maior espaço vital disponível tendem a aumentar o diâmetro nas partes inferiores, conforme constatado por Andrade et al. (2007) quando analisaram o crescimento ao longo do fuste de árvores com 34 anos de idade submetidas a desbastes. Essa tendência foi igualmente comprovada por Nogueira et al. (2008) em árvores com 15 anos de idade no Planalto Serrano do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil.

O estudo realizado por Gomes et al. (1997), em *P. taeda* com 8 anos de idade, na Fazenda Lageado, no município de Jaguariaíva, Paraná, revelou um volume estimado de 254 m³/ha no espaço vital menor (3 m²/árvore) e 173 m³/ha no espaço maior (11 m²/árvore). Considerando os tratamentos aproximadamente equivalentes, tais valores são maiores do que os obtidos no presente experimento para o espaço vital maior, enquanto para o espaço mais apertado, os volumes são comparáveis. Por sua vez, os resultados apresentados por Leite et al. (2006) no Planalto Serrano de Santa Catarina, são menores do que os do presente estudo, para a mesma espécie:

menor do que 200 m³/ha nos espaços mais apertados e em torno de 50 m³/ha no maior espaço vital testado, que foi de 7,5 m²/árvore.

3.2 Desempenho em Incremento Médio Anual

Valores dendrométricos, medidos ou interpolados em relação ao tempo, servem para interpretar o potencial de crescimento de árvores em talhão. No presente caso, os incrementos anuais foram obtidos aos sete anos divididos pela idade do plantio. Os valores das estatísticas do incremento médio anual para volume estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de incremento anual – IMA para volume, com os respectivos desvio padrão e coeficiente de variação, de *Pinus taeda* L. aos sete anos de idade em função dos espaçamentos usados.

Table 2. Average values of annual increment – IMA, for volume with the respective values of standard deviation and coefficient of variation of *Pinus taeda* L. at age seven in relation to used spacing.

Espaçamento (m x m)	Espaço vital (m ²)	IMA (m ³ /ha/ano)	Desvio padrão (m ³ /ha/ano)	Coeficiente de variação (%)
1,0 x 1,0	1,0	39,25 a	0,16	10
2,0 x 1,0	2,0	37,89 a	0,10	6
2,0 x 2,0	4,0	24,78 b	0,08	6
3,0 x 2,5	7,5	17,52 c	0,07	6
3,0 x 3,0	9,0	16,80 c	0,08	7
3,0 x 3,5	10,5	14,50 c	0,07	7
4,0 x 3,0	12,0	14,28 c	0,06	5
4,0 x 3,5	14,0	13,22 cd	0,06	6
4,0 x 4,0	16,0	10,60 d	0,11	11

Valores seguidos pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de $p < 0,05$ pelo teste LSD de Fisher.

Values followed by the same letter do not differ at $p < 0.05$ by Fisher's LSD test.

O IMA em volume de madeira variou entre 10,60 a 39,25 m³/ha/ano, o que indica um bom desempenho da espécie nas condições do experimento, ou seja, em espaçamentos mais apertados, recomendado quando o objetivo é meramente a produção volumétrica.

Lima et al. (2013) encontraram diferença entre tratamentos de mais de 28 m³/ha/ano confirmando, assim, maior propensão de maiores incrementos anuais em volume conforme a redução do espaço vital disponível, como constatado neste estudo.

Leite et al. (2006) apresentaram para o IMA em volume um valor máximo de 21,5 m³/ha/ano aos sete anos de idade e de 39,3 m³/ha/ano para a idade de 14 anos. Para a idade mais jovem, os valores são comparáveis com os do presente trabalho. No teste de procedências de *P. taeda* em espaço vital de 6,25 m² apresentado por Shimizu e Higa (1981), aos seis anos de idade, o IMA para volume de madeira variou entre 5,28 a 26,64 m³/ha/ano. Mesmo considerando a diferença de um ano de idade, os valores do presente trabalho mostraram-se compatíveis (17,52 m³/ha/ano no espaço de 7,5 m² e 24,78 m³/ha/ano no espaço de 4 m²).

Segundo os estudos de Mainardi et al. (1996), podem existir diferenças significantes no desempenho da espécie em foco em função das características do sítio. Sabe-se que após alguns anos de crescimento da floresta, as árvores entram em competição por água, luz e nutrientes. Nesse aspecto, conforme Balloni e Simões (1980), espera-se que os fatores bióticos do sítio (climáticos, edáficos e fisiográficos) influenciem na escolha do espaçamento. Segundo os autores, locais mais secos e/ou com solos de baixa fertilidade geralmente apresentam tendências a suportar um número menor de plantas por área quando comparados a locais mais húmidos e férteis.

Os resultados das análises do efeito do espaço vital sobre o volume por hectare, aos 7 anos de idade, foram similares aos resultados obtidos por Fahler et al. (1986) avaliando um ensaio de densidade populacional, aos 8 anos, e também por Costas et al. (2003; 2004) estudando um experimento com *Pinus taeda* L., aos 5 e 6 anos de idade.

Pinkard e Neilsen (2003) relataram que o volume total do povoamento por unidade de área, no decorrer do tempo, aumenta com a maior densidade do espaçamento, a expensas de um menor volume individual por árvore. Botelho (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) também verificaram a ocorrência de maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais reduzidos, em função do maior número de indivíduos, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

4 CONCLUSÕES

Considerando-se as condições do experimento com *Pinus taeda* L. na idade de sete anos, pode-se concluir:

1. a produção em volume por hectare é inversamente proporcional ao aumento do espaço vital disponível;
2. no presente caso, o melhor compromisso entre produção volumétrica e diâmetros grandes pode estar nos espaços vitais intermediários, entre 5 m² e 8 m² para cada árvore;
3. diferença entre tratamentos de mais de 28 m³/ha/ano confirma a tendência de maiores incrementos anuais em volume para espaço vital disponível menor;
4. o trabalho apresenta indicadores dendrométricos que servem para balizar decisões de ordem silvicultural, principalmente quanto ao espaçamento inicial. Se o objetivo é a produção volumétrica, mesmo com diâmetros menores, deve-se optar por espaços vitais menores. Para árvores com diâmetros maiores, recomenda-se espaços vitais mais largos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C.M. et al. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 239-246, 2007.
- BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. **O espaçamento do plantio e suas implicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. 16 p. (Série Técnica, 3).
- BOTELHO, S.A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-406.
- COSTAS, R. et al. Efectos de la densidad de plantación y la altura de poda sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 5 años de edad. **Floresta**, v. 33, n. 1, p. 79-97, 2003.
- _____. et al. Efectos de la densidad de plantación y la altura de poda sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 6 años de edad. **Forestal Venezolana**, n. 48, v. 1, p. 117-125, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

FAHLER, J.C. et al. **Comportamiento de 10 diferentes densidades de plantación inicial en *P. taeda* a los 8 años de edad en suelos del complejo 9 (C.A.R.T.A.) en la provincia de Misiones: E. E. A. Misiones.** Misiones: INTA, 1986. 14 p. (Informe Técnico, n. 46).

GOMES, F.S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 101-126, 1997.

HASELEIN, C.R. et al. Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* Engelm aos 30 anos de idade. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 135-144, 2000.

INOUE, M.T. et al. Growth of *Pinus taeda* L. at early stage as function of vital space. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 13., 2009, Buenos Aires. **Program of the XIII World Forestry Congress.** Buenos Aires: FAO, 2009. p. 805.

_____.; FIGUEIREDO FILHO, A.; LIMA, R. Influência do espaço vital de crescimento na altura e diâmetro de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 377-385, 2011.

KLEIN, J.E.M.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Produção de madeira e casca de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 1, p. 87-97, 1992.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do Pinus no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160 p.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603-613, 2006.

LIMA, R. et al. Carbono orgânico no solo em função do espaço vital de crescimento de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v. 1, p. 463-583.

LIMA, R. et al. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.

MAINARDI, G.L.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 39-52, 1996.

NOGUEIRA, G.S. et al. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 855-860, 2008.

OLIVEIRA NETO, S.N. et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2003.

PACHECO, J.M. et al. Efeito da densidade inicial no crescimento de *Pinus taeda* L. na região Centro-Sul do Paraná. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 353-365, 2015.

PINKARD, E.A.; NEILSEN, W.A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, v. 172, n. 2/3, p. 215-227, 2003.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal.** Lavras: Universidade Federal de Lavras – UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

SHIMIZU, J.Y. *Pinus* na silvicultura brasileira. **REMADE**, v. 16, n. 99, p. 4-14, set. 2006.

_____.; HIGA, A.R. Variação racial do *Pinus taeda* L. no Sul do Brasil até o sexto ano de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 2, p. 1-25, 1981.

SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ – SIMEPAR. **Clima.** 2013. Disponível em: <<http://www.simepar.br/site/internas/conteudo/meteorologia/tempo.jsp?id=4110706>> Acesso em: 20 jan. 2013.

LIMA, R. et al. Volume de madeira de *Pinus taeda* L.

SUTTON, W.R.J. Effects of initial spacing on branch size – a summary of results do date. In: SUTTON, W.R.J. (Ed.). **FRI Symposium Nr. 12, Pruning and Thinning Practice**. Rotorua: New Zealand Forest Service Institute, 1970. p. 106-107.

VASQUES, A.G. et al. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no Sul do Brasil. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 445-450, 2007.

UTILIZAÇÃO DO SPAD-502 PARA A PREDIÇÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE *Croton urucurana* Baill. (NOTA CIENTÍFICA)¹

USE OF SPAD-502 TO PREDICT NITROGEN CONTENT IN *Croton urucurana* Baill. SEEDLINGS (SCIENTIFIC NOTE)

Gláucia UESUGI^{2, 7}; João Ricardo FAVAN³; Cristiano Bueno de MORAES⁴; Thayana Cristina Rebello WANGINI⁵; Magali Ribeiro da SILVA⁶

RESUMO – O clorofilômetro portátil SPAD-502 permite avaliar o aspecto nutricional da planta de forma rápida e não destrutiva, sendo utilizado na área agrônômica, mas com poucas pesquisas na silvicultura. Dessa maneira, este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade do uso do SPAD na predição dos teores de nitrogênio em mudas de *Croton urucurana* produzidas em diferentes doses de solução nutritiva. As leituras com o equipamento foram realizadas em quatro folhas do terço médio de cada muda, para a obtenção de uma média/muda. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, três tratamentos de doses crescentes de solução nutritiva, quatro parcelas, 12 plantas/parcela. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Houve correlação entre a leitura SPAD e o teor de N ($R^2 = 0,87$), sendo que nas doses menos concentradas houve correlação positiva. O uso do SPAD pode ser indicado como uma alternativa para a predição do teor de nitrogênio em mudas da espécie *Croton urucurana*.

Palavras-chave: sangra-d'água; clorofilômetro; nitrogênio; produção de mudas.

ABSTRACT – SPAD-502 portable chlorophyll meter allows to evaluate the nutritional aspect of plant quickly and non-destructively, being widely used in agronomy, but there are few researches in silviculture. Thus, this study aimed to assess the use of SPAD device in predicting the nitrogen content of *Croton urucurana* seedlings in different doses of nutritive solution. SPAD values were performed in four leaves located in the middle third of seedling and in order to obtain average/plant. The experiment had a randomized block design with three treatments of increasing doses of nutritive solution, four plots of 12 plants in each treatment. The results were submitted to analysis of variance and Tukey test at 5% probability. There was correlation between SPAD readings and N content ($R^2 = 0.87$), and there was a positive correlation in less concentrated doses. The use of the SPAD-502 may be indicated as an alternative to predict the nitrogen content of *Croton urucurana* seedlings.

Keywords: sangra-d'água; chlorophyll meter; nitrogen; seedlings production.

¹Recebido para análise em 07.01.15. Aceito para publicação em 22.09.15.

²Doutoranda em Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

³Mestrando em Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁴Universidade Federal do Tocantins – Unidade de Gurupi, Rua Padejós, L 7 Chácara 69/72 Zona Rural, 77402-970 Gurupi, TO, Brasil.

⁵Mestranda em Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁶Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP, Departamento de Ciência Florestal, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁷Autor para correspondência: Gláucia Uesugi – ci_uesugi@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre as necessidades nutricionais de espécies florestais brasileiras ainda é muito incipiente (Sorreato et al., 2012), sendo importante estudos nesta área para estabelecimento de povoamentos florestais de boa qualidade e quantidade.

A metodologia padrão utilizada para análise química de acúmulo de nutrientes na planta é cara e requer tempo e a destruição dos tecidos foliares. O uso de clorofilômetros portáteis pode ser uma alternativa para se avaliar o estado nutricional das plantas, pois fornece resultados de forma rápida, não destrutiva e a custo baixo (Jesus e Marengo, 2008).

O *Soil Plant Analysis Development* (SPAD-502) é um tipo de clorofilômetro que apresenta medições dos teores indiretos de clorofila por meio de princípios ópticos baseados na absorbância e/ou refletância da luz pelas folhas, fornecendo uma leitura em unidades arbitrárias 0 a 99,9 SPAD (Minolta, 1989), correspondendo a um índice de cor verde. Considerando que 50 a 70% do N total na folha está associado a enzimas presentes nos cloroplastos (Chapman e Barreto, 1997), suas medições têm sido correlacionadas com o teor de nitrogênio das folhas (Murdock et al., 2004).

Vários trabalhos têm demonstrado sua eficiência em diagnosticar o estado nutricional, como em mangueiras (Chang e Chang, 1998), citros (Li et al., 1998; Araújo et al., 2004), cereais (Argenta et al., 2001), milho (Rorie et al., 2011), eucaliptos (Moraes et al., 2012) e cacauero (Dantas et al., 2012). Entretanto, há outros trabalhos que não apontaram boa correlação, como em *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens* (Pinkard et al., 2006) e cedro (Freiberger et al., 2013). Segundo Berg e Perkins (2004), as relações matemáticas entre o índice SPAD e o teor de nitrogênio variam entre as espécies, as condições ambientais e o estágio de desenvolvimento da planta de uma mesma espécie.

Dessa maneira, o objetivo do estudo foi avaliar a viabilidade do clorofilômetro portátil SPAD-502 na predição dos teores de nitrogênio em mudas da espécie *Croton urucurana* Baill. produzidas em diferentes doses de solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do viveiro do Departamento de Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP/Campus de Botucatu/SP. O clima predominante no local é o Cfa, caracterizado como clima temperado quente (mesotérmico) úmido, sendo a precipitação pluviométrica anual média de 1.508,8 mm e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C (Cunha e Martins, 2009).

A espécie utilizada foi *Croton urucurana* Baill., pertencente à família Euphorbiaceae, popularmente conhecida como sangra-d'água. É uma espécie pioneira de rápido crescimento, que ocorre naturalmente da Bahia ao Rio Grande do Sul, atrativa à fauna da região, o que auxilia a dispersão dessa espécie, contribuindo para a restauração e recuperação florestal de áreas degradadas, principalmente matas ciliares (Lorenzi, 2002).

O delineamento experimental utilizado para a instalação do teste foi em blocos inteiramente casualizados, sendo três tratamentos com doses crescentes de solução nutritiva, quatro repetições, doze mudas/repetição.

As sementes foram colhidas no Parque Municipal Joaquim Amaral Amando de Barros, localizado em área urbana no município de Botucatu-SP, nos meses de fevereiro e março de 2012. Tão logo ocorreu a colheita, a semeadura foi feita em substrato comercial denominado Carolina Soil®, constituído por turfa, casca de arroz carbonizada e vermiculita. As mudas foram produzidas em tubetes de polipropileno de 120 cm³ e a água utilizada para irrigação tinha pH de 6,0 e condutividade elétrica (CE) de 0,0057 dS m⁻¹.

Durante o ciclo de produção, as mudas foram fertirrigadas com doses crescentes de solução nutritiva (três tratamentos), a fim de obter mudas com diferentes padrões nutricionais, ou seja, com distintos valores de índice de cor verde (SPAD). As soluções nutritivas foram constituídas das seguintes substâncias: nitrato de cálcio, ureia, monoamôniofosfato (MAP) purificado, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. Também foi acrescentado 1 mL L⁻¹ de solução de micronutrientes constituída por ácido bórico, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, molibdato de sódio e ferro. As condutividades elétricas das soluções nutritivas foram 1,91; 2,18 e 2,90 dS m⁻¹.

Aos 188 DAS (dias após a semeadura), quando as mudas apresentavam em média 26 cm de altura e 4,56 mm de diâmetro do colo, e foram consideradas aptas para a expedição para o campo, foi determinado o teor indireto de clorofila por meio do aparelho medidor portátil Chlorophyll Meter, Modelo SPAD-502 (Minolta, 1989), sendo que as leituras foram realizadas nas folhas do terço médio, em quatro folhas por muda, evitando-se a nervura central, para a obtenção de uma média por planta.

As partes aéreas das mudas foram cortadas e levadas para secagem em estufa a 65 °C até obtenção de massa constante. Depois, a massa seca das partes aéreas foi medida, triturada e encaminhada ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP para determinação do teor de nitrogênio, conforme metodologia de Malavolta et al. (1997).

A associação entre os dados de teor de nitrogênio e índice de cor verde (SPAD) foi realizada efetuando-se a análise do coeficiente de correlação de Pearson e, posteriormente, análise de regressão. Os dados dos teores e

conteúdos de nitrogênio na planta foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve significância realizou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de correlação de Pearson entre o teor de nitrogênio foliar e a leitura do SPAD foi de 0,83, demonstrando que, em mais de 80% dos casos, quando houve o aumento do teor de nitrogênio houve também um aumento no valor do SPAD (p -valor = 0,006141). Essa correlação pode ser considerada alta, comparando-se com o observado por Hurtado et al. (2010) em milho produzido em condições controladas, que foi de 60%, e Dantas et al. (2012) em cacaueiros, que foi de 74%. Essa correlação pode ser bem variável, dependendo do estágio fenológico da espécie, como o observado por Godoy et al. (2008) em cafeeiros fertirrigados, no qual o índice SPAD tendeu a reduzir entre o período de florescimento e a colheita de grãos.

O teor de nitrogênio e a leitura SPAD apresentaram resposta quadrática às doses de solução nutritiva aplicadas, havendo correlação positiva até o teor de 21 g kg⁻¹, quando o índice SPAD atingiu o valor de 42,4 (Figura 1).

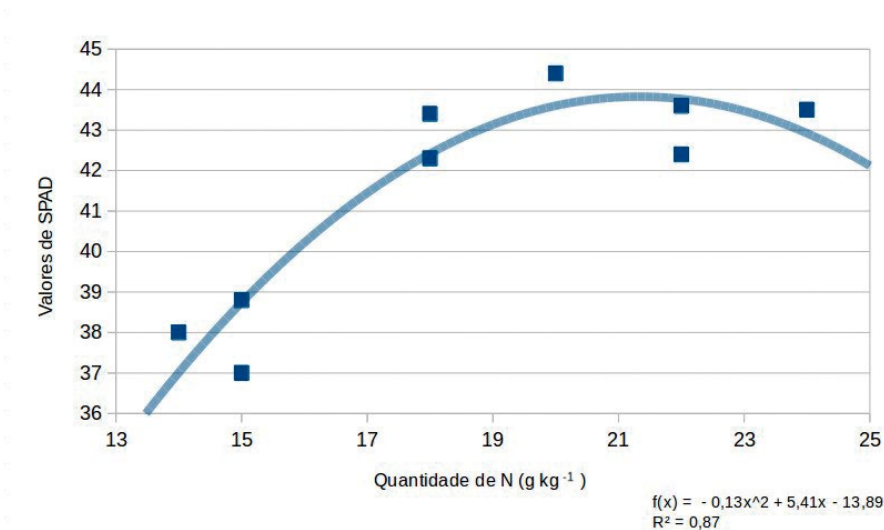


Figura 1. Correlação entre o teor de nitrogênio e o valor SPAD para mudas de sangra-d'água.

Figure 1. Correlation between nitrogen content and SPAD values for sangra-d'água seedlings.

A solução nutritiva mais concentrada não implicou no aumento da intensidade da cor verde medida pelo clorofilômetro, o que sugere que houve um consumo de luxo da espécie, já que, nesta situação, o nitrogênio absorvido fica armazenado na forma de nitrato, não se associando à molécula de clorofila e, portanto, não sendo detectado pelo clorofilômetro (Dwyer et al., 1995).

Essa hipótese também foi corroborada ao analisar o teor e conteúdo de nitrogênio da parte aérea, pois nota-se que a aplicação de solução nutritiva mais concentrada não refletiu nos aumentos de teor e conteúdo de N na planta. Portanto, fica evidente que houve um desperdício de nutrientes nesse tratamento (Tabela 1).

Tabela 1. Médias do teor e conteúdo de nitrogênio em mudas de *Croton urucurana* aos 188 dias após a semeadura.

Table 1. Average of nitrogen content and concentration of *Croton urucurana* at 188 days after sowing.

Solução nutritiva	Teor (g Kg ⁻¹)	Conteúdo (g/planta)
padrão	14,00 b	37,52 b
50% mais concentrada do que a padrão	20,00 ab	61,00 a
100% mais concentrada do que a padrão	21,00 a	61,11 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$).

Means followed by the same letter are not significantly different according to the Tukey test ($p < 0.05$)

Em mudas de *Myracrodruon urundeuva* e *Luetzelburgia auriculata*, Silva et al. (2012) observaram que o índice SPAD foi afetado de forma inversamente proporcional quando a salinidade ultrapassou 2,7 dS m⁻¹. No presente estudo, encontrou-se resultado semelhante, obtendo-se uma correlação negativa entre teor de N e leitura de SPAD no tratamento da solução nutritiva cuja condutividade elétrica foi de 2,90 dS m⁻¹. Segundo Parida e Das (2004), o teor de clorofila nas folhas tende a reduzir sob estresse salino.

Uma vez encontrada uma equação que explica a correlação em mais de 87% dos casos, o uso do clorofilômetro pode ser uma alternativa promissora para a avaliação do estado nutricional de mudas, pois se trata de um método não destrutivo (não prejudicando as mudas, que nesta fase apresentam poucas folhas devido ao seu pequeno porte), prático, instantâneo e de menor custo considerando a vida útil do aparelho e os custos de análises químicas.

4 CONCLUSÕES

A alta correlação existente entre o teor de nitrogênio, obtido analiticamente, e o índice de cor verde, dado pelo clorofilômetro SPAD, permite concluir que este equipamento tem sensibilidade para detectar variações no teor de

nitrogênio de mudas de sangra-d'água em resposta a diferentes doses de solução nutritiva, com a vantagem de ser um método não destrutivo e de determinação rápida.

5 AGRADECIMENTOS

A autora Glaucia Uesugi agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo financiamento da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, R.A. et al. Características biométricas, índice SPAD-502 e emissão da fluorescência em porta-enxertos de citros. **Revista Ceres**, v. 51, n. 294, p. 189-199, 2004.
- ARGENTA, G. et al. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.
- BERG, A.K. van den; PERKINS, T.D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar mapple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. **Forest Ecology and Management**, v. 200, p. 113-117, 2004.

- CHANG, C.S.; CHANG, L.R. Two rapid determination methods for total chlorophyll content in fruit tree leaves. **Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station**, v. 59, p. 37-45, 1998.
- CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, p. 557-562, 1997.
- CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.
- DANTAS, P.A.S. et al. Estimativa não destrutiva do teor foliar de nitrogênio em cacauzeiro utilizando clorofilômetro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 669-677, 2012.
- DWYER, L.M. et al. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 75, n. 1, p. 179-182, 1995.
- FREIBERGER, M.B. et al. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 385-392, 2013.
- GODOY, L.J.G. et al. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 217-226, 2008.
- HURTADO, S.M.C. et al. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 688-697, 2010.
- JESUS, S.V.; MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 815-818, 2008.
- LI, Y.C. et al. A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. **Hort Technology**, v. 8, n. 1, p. 81-86, 1998.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 384 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.
- MORAES, C.B. et al. Alterações morfológicas em *Eucalyptus grandis* sob aplicação de biorreguladores no período juvenil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 24, n. 2, p. 251-257, 2012.
- MURDOCK, L.; CALL, D.; JAMES, J. Comparison and use of chlorophyll meters on wheat (reflectance vs. transmittance/absorbance). **Agricultural & Natural Resources**, v. 181, n. 11, p. 1-4, 2004. Disponível em: <<http://http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr181/agr181.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2013.
- PARIDA, A.K.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 6, p. 324-349, 2004.
- PINKARD, E.A.; PATEL, V.; MOHAMMED, C. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non-destructive meter. **Forest Ecology and Management**, v. 223, p. 211-217, 2006.
- RORIE, R.L. et al. Association of “greenness” in corn with yield and leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 2, p. 529-535, 2011.
- SILVA, J.A. et al. Resposta fisiológica de *Myracrodruon urundeuva* e *Luetzelburgia auriculata* à salinidade. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 4., 2012, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza, 2012. 5 p.
- SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição de espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 254 p.

**OCORRÊNCIA E DANOS DE TÉRMITAS NA MADEIRA DE *Acacia mearnsii* (FABACEAE)
EM DOIS CAMPOS DE APODRECIMENTO (NOTA CIENTÍFICA)¹**

**OCCURRENCE AND DAMAGE OF TERMITES IN WOOD OF *Acacia mearnsii* (FABACEAE)
IN TWO DECAYING FIELDS (SCIENTIFIC NOTE)**

Amanda Grassmann da SILVEIRA^{2,4}; Elio José SANTINI²; Rômulo TREVISAN³;
Luciano Campos CANCIAN²; Lilian Gonçalves MARIANO²

RESUMO – Entender a relação entre praga e ambiente é base para um adequado gerenciamento no setor madeireiro, assim como a busca por informações sobre a qualidade da madeira de espécies exóticas, que são alternativas para suprir a sua demanda. Dessa maneira, o trabalho objetivou verificar a ocorrência e danos de térmitas na madeira de *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae) em dois campos de apodrecimento. O experimento foi realizado em área de pastagem e de mata nativa. A avaliação foi realizada de forma visual, com atribuição de notas de acordo com o estado fitossanitário de cada peça. Os moirões foram divididos em: parte subterrânea (contato com o solo) e aérea (parte do moirão situada acima do solo). Térmitas atacaram somente peças em mata nativa, não ocorrendo danos dos insetos em área de pastagem. A influência dos organismos foi determinada através do Índice de Deterioração – I.D., onde das sete peças da parte subterrânea presentes em mata nativa, quatro sofreram ataque moderado (I.D. = 70), uma apresentou ataque intenso (I.D. = 40), e duas, ataque leve ou superficial (I.D. = 90). Quando analisada somente a parte aérea, verificaram-se poucos danos, sendo atribuído I.D. geral de 90, ou seja, ataque leve. Os resultados foram associados às características edafoclimáticas de cada ambiente, sendo que em mata nativa o desenvolvimento de térmitas foi melhor devido à menor temperatura ambiente, maior umidade relativa do ar, menor movimentação de ar, maior porosidade e menor densidade do solo.

Palavras-chave: deterioração; durabilidade natural; monitoramento; organismos xilófagos; Isoptera.

¹Recebido para análise em 23.04.15. Aceito para publicação em 29.10.15.

²Universidade Federal de Santa Maria, campus Dr. José Mariano da Rocha Filho, Av. Roraima, 1000, 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro, s/n, BR386 KM40, 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Amanda Grassmann da Silveira – amandagrassmann@gmail.com

ABSTRACT – Understand the relationship between plague and environment is the basis for an appropriate management in timber industry, as well as the search for information on wood quality of exotic species, which are alternatives to its demand. In this way, the work aimed to check the occurrence and damage of termites in wood of *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae) in two rotting field. The experiment was accomplished in pasture area and native forest. The evaluation was performed visually, with assignment of notes according to the phytosanitary state of each piece. Round fence posts were divided into: underground part (contact with soil) and shoot (part of round fence posts located above the ground). Termites have attacked only parts in native forest, no occurring insect damage in the pasture area. The influence of the organisms was determined by the rate of deterioration – I.D. wherein the seven pieces of underground part present in native forest, four suffered moderate attack four suffered moderate attack (I.D. = 70), one presented intense attack (I.D. = 40) and and two presented light or superficial attacks (I.D. = 90). There was little damage when analyzed only the aerial part, being assigned I.D. 90, general gentle attack. The results were associated to soil and climate characteristics in each environment, and in the development of native forest termites was better due to the lower ambient temperature, higher relative humidity, less air movement, higher porosity and lower bulk density of the soil.

Keywords: deterioration; natural durability; monitoring; xylophagous organisms; Isoptera.

1 INTRODUÇÃO

A durabilidade natural da madeira permite avaliar a vida média útil e a susceptibilidade a organismos xilófagos. Assim, ensaios de campo com material em contato com o solo possibilitam a classificação da sua durabilidade, recomendando-se, ou não, o uso em ambientes externos (Jesus et al., 1998). Os ensaios de campo, embora constituam métodos simples, reproduzem fielmente as condições reais de serviço, nas quais peças de diferentes espécies e com dimensões preestabelecidas são expostas às intempéries e ao contato com o solo e avaliadas quanto ao grau de deterioração (Fosco Mucci et al., 1992).

A madeira está sujeita a danos por insetos desde a árvore viva até sua utilização, e as principais ordens encontradas são Isoptera, Coleoptera e, com menor importância, Hymenoptera (Eaton e Hale, 1993). Os cupins são considerados severos agentes destruidores, porém, estes organismos são importantes para a manutenção da dinâmica dos processos de decomposição e para os fluxos de carbono e nutrientes nas florestas tropicais (Bandeira e Vasconcellos, 2002).

Os cupins ou térmitas são insetos sociais que vivem em colônias. Sendo mastigadores, têm a celulose como seu principal alimento, a qual pode vir de uma grande variedade de produtos. O material madeireiro, devido ao seu alto teor de celulose, é o alimento preferido por um variado número de espécies (Oliveira e Lepage, 1986).

De modo geral, as espécies de cupins podem ser divididas em subterrâneas e de madeira seca (Richardson, 1993). Em estudos de degradação de madeira, os térmitas são classificados conforme o tipo de ninho que constroem, sendo dada ênfase aos cupins subterrâneos, tanto pela dificuldade no controle quanto pela proliferação maciça em ambientes urbanos (Santini, 1988). Segundo o mesmo autor, os insetos atacam preferencialmente madeiras em contato com o solo, sendo facilmente perceptíveis pelas suas típicas galerias ascendentes.

A construção de ninhos e sistemas de túneis subterrâneos, realizados por térmitas, causam modificações na estrutura do solo, promovendo aumento de porosidade e aeração (Wood e Sands, 1978). A colônia desses cupins, de acordo com Cavalcante (1985), é composta de milhares de indivíduos, localizada no solo, de onde parte para o ataque. A ocorrência desse tipo de cupim é denunciada pela presença de túneis de terra nas peças.

O comportamento de uma mesma madeira pode variar de acordo com o ambiente, pois este apresenta características específicas de umidade, insolação, aeração, temperatura e presença de organismos xilófagos. Tais fatores atuam conjuntamente sobre a madeira, determinando sua durabilidade natural (Mendes e Alves, 1988).

A decomposição de materiais biológicos está relacionada a uma série de fatores bióticos e abióticos, como as condições climáticas, composição da comunidade decompositora, afinidade com o substrato e as características do material exposto. Esses elementos, quando correlacionados, fecham o ciclo da deterioração, sendo ainda preciso acrescentar a ação do sol sobre a madeira, que gera uma variação de temperatura e nas tensões criadas pelo umedecimento e secagem, tornando-se contribuintes no processo (Swift et al., 1979).

A exposição constante à umidade e o contato direto com o solo tornam a madeira suscetível à rápida deterioração, normalmente ocasionada por fungos e térmitas subterrâneos. Em contraponto, nos ambientes mais secos, o risco de deterioração biológica é menor, e quando ocorre, é caracterizada por ataque de cupins de madeira seca e brocas (Barillari, 2002). Devido a isso, destaca-se a importância em contrastar áreas que apresentem características distintas, permitindo a comparação entre resultados e a busca por soluções mais adequadas, de acordo com os problemas específicos encontrados em cada ambiente.

Quando se trabalha com dois ambientes de características distintas, encontra-se a necessidade de compreender a influência do ambiente no processo de decomposição da madeira, pois estas áreas podem apresentar diferentes níveis de apodrecimento, fato que pode ser explicado por particularidades da própria espécie ou pelas diferentes variáveis climáticas envolvidas. O objetivo deste trabalho foi verificar a ocorrência e os danos de térmitas na madeira de *Acacia mearnsii* De Wild. em dois campos de apodrecimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen, no Médio Alto Uruguai – Rio Grande do Sul, com latitude 27°21'S e longitude 53°23'O. De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com precipitação média anual elevada, geralmente entre 1.800 e 2.100 mm, bem distribuída ao longo do ano, e subtropical do ponto de vista térmico.

Sete árvores de *Acacia mearnsii*, com 8 anos de idade, foram abatidas e 14 moirões selecionados. Dois campos de apodrecimento foram formados (sete moirões cada), em duas áreas distintas. O primeiro, em área de pastagem (ambiente 1), e o segundo, dentro de um fragmento de vegetação de Floresta Estacional Decidual (ambiente 2), acompanhados por um período de 12 meses.

Um termo-higrômetro foi utilizado para leitura da temperatura e umidade relativa das áreas, além da coleta de cilindros de solo indeformados para avaliação da porosidade total e da densidade do solo nas áreas de estudo. Para estas avaliações, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Física do Solo da própria Universidade. Posteriormente, as médias das variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação visual das amostras de madeira, as mesmas foram divididas em parte subterrânea (30 cm abaixo da linha de afloramento) e aérea (120 cm acima da linha de afloramento). A parte aérea do material foi avaliada com amostras ainda em campo, com atribuição de notas de acordo com o estado fitossanitário da peça, considerando apenas o ataque de Isoptera (Lepage, 1970) (Tabela 1). A seguir, os moirões foram retirados e a avaliação da parte subterrânea foi realizada com o mesmo procedimento.

Tabela 1. Classificação do nível de deterioração das madeiras por térmitas (Lepage, 1970).

Table 1. Classification of wood deterioration level by termites (Lepage, 1970).

Estado de Sanidade	Nota	Índice de Deterioração
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de térmitas	1	90
Ataque evidente, mas moderado de térmitas	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque interno de térmitas	3	40
Quebra, perda quase total de resistência	4	0

Os moirões foram retirados e com o auxílio de um machado as peças foram cortadas para facilitar a verificação dos danos causados pelos insetos (Figura 1). O índice de deterioração foi admitido para estabelecer o estado médio de vida útil de cada amostra dentro de cada campo, e, em seguida, estes foram somados e o resultado foi

dividido pelo número de amostras (sete), obtendo-se o valor médio (Trevisan, 2006).

A observação dos moirões atacados foi realizada de maneira visual, sendo contabilizado o número de peças atacadas em cada campo, para posterior análise dos dados e contrastes de resultados, a fim de verificar a diferença entre os campos.



Figura 1. Ataque de cupim em tora de *Acacia mearnsii*.

Figure 1. Verification of the attack by termites in *Acacia mearnsii*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento das características edafoclimáticas das diferentes áreas está expresso na Tabela 2. Os resultados demonstram que os ambientes são diferentes, de modo que o ambiente 1 possui maior temperatura e maior densidade do solo, enquanto o ambiente 2 se mostra mais úmido e com solo com maior porosidade total.

Após 12 meses de exposição nos campos de apodrecimento, apenas no ambiente 1 foi verificada a presença de térmitas do gênero *Neocapritermes*, pertencentes à família Termitidae.

Esses organismos são endêmicos da América do Sul e Central, onde já foram confirmadas 14 espécies, tendo uma ampla distribuição no Brasil (Krishna e Araujo, 1968). Conforme os mesmos autores, esse gênero vive em ninhos epígeos e/ou subterrâneos, com galerias irregulares e são essencialmente geófagos. Esse hábito alimentar está associado ao consumo de material altamente heterogêneo, incluindo desde matéria orgânica, tecidos vegetais fragmentados, paredes celulares lignificadas, xilema velho e seus subprodutos, até itens de alto valor nutricional (Brauman et al., 2000).

Tabela 2. Análise das variáveis edafoclimáticas nos diferentes ambientes.

Table 2. Analysis of the soil and climate variables in different environments.

Áreas	Temperatura	Umidade Relativa	Densidade do Solo	Porosidade Total
Floresta (ambiente 2)	17° b*	83,7% a	0,846 a	68,1 a
Campo aberto (ambiente 1)	18,9° a	73,9% b	1,191 b	55,0 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

*Means followed by the same letter in the column do not differ statistically from each other at 5% probability by Tukey test.

Na avaliação visual realizada na parte aérea do material em mata nativa (Figura 2), foi verificado, de forma geral, um ataque leve ou superficial (I.D. = 90) das térmitas, enquanto o situado em área de pastagem apresentou danos associados somente a fatores abióticos,

e nenhum dano visível referente aos insetos (I.D. = 100). A pouca incidência, ou até mesmo a ausência de danos nas partes aéreas das peças, se deve ao fato de as mesmas não estarem em contato direto com o solo, dificultando o ataque dos organismos.



Figura 2. Avaliação visual da parte aérea de toras de *Acacia mearnsii*: (A) rachadura e serragem, indicativo de cupim no ambiente de mata nativa; (B) danos referentes a fatores abióticos sem indicativo de cupim (área de pastagem).

Figure 2. Visual assessment of *Acacia mearnsii* round fence posts: (A) crack and sawdust, termite indicative in bushland environment; (B) damage related to abiotic factors with no indication of termites (pasture area).

Quatro amostras da parte subterrânea (Figura 3), presentes em mata nativa, sofreram ataque moderado (I.D. = 70), uma apresentou ataque intenso (I.D. = 40), e duas apresentaram ataque leve ou superficial (I.D. = 90), enquanto no ambiente 1, os moirões não apresentaram ataques de cupins (I.D. = 100).

Moirões presentes no ambiente 2 foram danificados pelos cupins e, em algumas peças, estes se mostraram visualmente expressivos, enquanto no ambiente 1 não foi encontrado nenhum dano que fosse possível associar a estes organismos, fato explicado por não haver nenhum registro da presença do inseto nas amostras provenientes do ambiente 1.



Figura 3. Amostras da parte subterrânea de moirões de *Acacia mearnsii*: (A) danos causados por cupins em amostras provenientes de dentro da mata nativa; (B) nenhum ataque nas amostras provenientes em área de pastagem.

Figure 3. Samples of the underground part of *Acacia mearnsii* round fence posts: (A) termite damage in samples from within the native forest, and (B) no attack on samples from pasture area.

A menor variação de temperatura no ambiente 2, (máxima de 26,7 °C e mínima de 0,5 °C), associada a maior umidade relativa (83,7%), pode ter influenciado positivamente na maior ocorrência dos insetos. O ambiente 1 registrou temperaturas máximas e mínimas de 28,2 °C e 0,6 °C, respectivamente, com 73,9% de UR. Essa capacidade de desenvolvimento no ambiente 2 está relacionada à menor temperatura e menor movimentação do ar, que favorece uma melhor estabilização das condições consideradas adequadas à presença dos insetos xilófagos (Seitz, 1976).

Outro fator determinante foi a densidade do solo, que apresentou valores inferiores dentro da mata nativa, com média de 0,84 Mg m⁻³, enquanto a área de pastagem obteve uma média de 1,19 Mg m⁻³. Solos com baixa densidade são mais propensos ao ataque de térmitas, devido à maior capacidade de absorção de água (Rocha, 2001). Isso se deve ao fato de os cupins subterrâneos não possuem revestimento de quitina, conferindo-lhes, deste modo, pouca resistência à baixa umidade do solo (Mendes e Alves, 1988). O solo do ambiente 2 apresentou porosidade total de 68,1%, possibilitando, deste modo, maior aeração, permitindo maior presença de oxigênio para os indivíduos se desenvolverem. No ambiente 1, o solo apresentou valores menores de porosidade total, com valor médio de 55%, tornando o ambiente menos favorável para os organismos, segundo as características descritas pelos autores.

A ocorrência de Isoptera em mata nativa pode ser explicada pela menor incidência de vento, ocasionada pela presença das árvores. Com a fermentação da madeira, ocorre liberação de compostos voláteis (etanólicos) e, supõe-se, que os mesmos fiquem concentrados no próprio local, criando um ambiente atrativo aos insetos. No ambiente, a maior circulação de ar dispersa o odor oriundo da fermentação da madeira e, por conseguinte, reduz o efeito atrativo sobre os insetos (Trevisan, 2006).

A preferência do ataque em mata nativa ainda pode ser explicada sob outro ponto de vista, pois, quando os organismos atacam a madeira e esta se mostra apropriada, a mesma sofre um ataque em massa de outros organismos xilófagos, ocasionado pela síntese e liberação de elementos químicos, que acabam se concentrando no local, devido a menor intensidade de ventos (Lunz, 2001).

Essas substâncias atuam na agregação e no aumento da reprodução, explicando, deste modo, a maior ocorrência de Isoptera nesse ambiente.

4 CONCLUSÃO

As características edafoclimáticas foram mais adequadas ao desenvolvimento de Isoptera em mata nativa, com presença e maior grau de severidade destes organismos em todas as peças testadas no ambiente. Na área de pastagem, não foi verificada a presença de cupins, sendo que os danos nas amostras foram causados principalmente por agentes abióticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANDEIRA, A.G.; VASCONCELLOS, A. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in Northeastern Brazil (Isoptera). *Sociobiology*, v. 39, p. 429-439, 2002.
- BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes:** avaliação em campo de apodrecimento. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BRAUMAN, A.; BIGNELL D.E.; TAYASU, I. Soil-feeding termites: biology, microbial associations and digestive mechanisms. In: ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (Ed.). **Termites:** evolution, sociality, symbioses, ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 233-259.
- CAVALCANTE, M.S. Métodos para aumentar a durabilidade da madeira. **Boletim da ABPM**, n. 36, p. 159-170, 1985.
- EATON, R.A.; HALE, M.D.C. **Wood:** decay, pests and protection. London: Chapman & Hall, 1993. 546 p.
- FOSCO MUCCI, E.S.; LOPEZ, G.A.; MONTAGNA, R.G. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo – IV. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 558-563. (*Rev. Inst. Flor.*, v. 4, pt. 2, 1992).

JESUS, M.A.; MORAIS, J.W.; ABREU, R.L.S. Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia Forestalis**, n. 54, p. 81-92, 1998.

KÖPPEN, W. **Climatología**: con un estudio de los climas de la Tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 466 p.

KRISHNA, K.; ARAUJO, R.L. A revision of the neotropical termite genus *Neocapritermes* (Isoptera, Termitidae, Termitinae). **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 138, p. 83-130, 1968.

LEPAGE, E.S. Método sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. **Preservação de Madeiras**, v. 1, n. 4, p. 205-216, 1970.

LUNZ, A.M. **Degradação da madeira de seis espécies arbóreas causada por Scolytidae (Coleoptera)**. 2001. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MENDES, A.S.; ALVES, M.V.S.A **Degradação da madeira e sua preservação**. Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1988. 56 p.

OLIVEIRA, A.M.F.; LEPAGE, E.S. Controle de qualidade. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, SICCT, 1986. p. 99-279.

RICHARDSON, B.A. **Wood preservation**. 2. ed. London: E & FN SPON, 1993. 226 p.

ROCHA, M.P. **Biodegradação e preservação da madeira**. Curitiba: FUPEF, 2001. 94 p. (Série Didática, 1).

SANTINI, E.J. **Biodeterioração e preservação da madeira**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.

SEITZ, R. A. Estudo da variação da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar no interior de uma mata de *Araucaria angustifolia* em relação ao terreno livre. **Revista Floresta**, v. 7, p. 36-45, 1976.

SWIFT, M.J.; HEAL, D.W.; ANDERSON, J.M. **Studies in ecology** – decomposition in terrestrial and aquatic ecosystems. Oxford: Blackwell, 1979. 371 p.

TREVISAN, H. **Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais**. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

WOOD, T.G.; SANDS, W.A. The role of termites in ecosystems. In: BRIAN, M.V. (Ed.). **Production ecology of ants and termites**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. p. 245-292.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Apresentação

A **Revista do Instituto Florestal (Rev. Inst. Flor.)** é um periódico semestral de divulgação científica, que publica trabalhos em ciências florestais e afins, na forma de artigos científicos, notas científicas e artigos de revisão, redigidos em português, inglês ou espanhol.

O trabalho submetido à publicação na Revista do Instituto Florestal deverá ser original e inédito, não tendo sido publicado nem submetido a outras revistas. Será distribuído pelo editor-chefe da Comissão Editorial a um relator da área do trabalho, que o enviará a dois analistas, especialistas nessa área. O sistema de análise utilizado é o duplo-cego em que os nomes dos autores e dos analistas são mantidos em sigilo.

O trabalho será analisado e receberá uma das seguintes avaliações: aceitável sem modificações; aceitável com modificações; necessita ser totalmente reformulado e submetido à nova análise; recusado para publicação.

Após a análise, os comentários e sugestões dos analistas serão encaminhados aos autores para realizarem as modificações necessárias. As sugestões não aceitas deverão ser justificadas. Após as modificações, a versão corrigida deverá ser reencaminhada para o editor de área da Comissão. Com base nos pareceres dos analistas, caberá ao relator o aceite ou a recusa do trabalho após a conclusão do processo de análise.

Após o aceite e a diagramação do trabalho, as provas de publicação serão enviadas aos autores para uma revisão final (restrita a erros e composição) e deverão ser devolvidas no prazo indicado.

Os artigos serão publicados nas formas impressa e *online* na página da Revista do Instituto Florestal: http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista_if/index.asp. Os autores receberão, posteriormente, um exemplar da revista na qual seu artigo foi publicado.

Ao submeterem um artigo para a Revista do Instituto Florestal os autores concordam com a publicação exclusiva do artigo neste periódico e com a transferência automática de direitos de cópia e permissões à editoradora do periódico.

Normas para Encaminhamento e Apresentação dos Originais

Os originais devem ser encaminhados por *e-mail*, acompanhados de uma carta endereçada ao Editor-Chefe da Comissão Editorial, em que devem constar o título, os autores, a filiação e uma declaração do caráter original e inédito do trabalho.

Editor-Chefe da Comissão Editorial

Instituto Florestal

comissaoeditorial@if.sp.gov.br

Os arquivos devem ser no formato Word em extensão doc. Devem apresentar as seguintes características: papel A4 (210 mm x 297 mm); margens superior, inferior, direita e esquerda de 25 mm; espaço duplo; fonte Times New Roman 11; texto justificado; páginas numeradas a partir da primeira página de texto, não ultrapassando 30 páginas (inclusive tabelas e figuras) para artigos científicos e de revisão e 10 páginas para notas científicas, sendo aceitas exceções, desde que aprovadas pela Comissão Editorial.

A página de rosto deve conter: título do manuscrito, em português e inglês, nome por extenso do(s) autor(es), rodapé com os dados relativos à filiação institucional (instituição, rua, número, CEP, cidade, estado, país) e o e-mail do autor responsável pelo trabalho para correspondência.

Na segunda página devem constar: resumo, palavras-chave, abstract e keywords.

É necessário obedecer a seguinte padronização:

- **Título:** centralizado, em caixa alta e negrito, seguido do título em inglês e título resumido. Deve ser claro, objetivo, conciso, com até 20 palavras, e refletir o conteúdo do trabalho. Devem ser evitadas abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem sua compreensão.
- **Resumo e Abstract:** devem ter até 250 palavras e apresentar sinteticamente a questão que motivou a pesquisa, os objetivos, o material e métodos, os resultados e conclusões. Não têm recuo no texto nem numeração, devem ser iniciados com a palavra em caixa alta e negrito, seguida de traço, começando o texto na mesma linha.
- **Palavras-chave e keywords:** de três a seis, em ordem de importância, não repetindo aquelas utilizadas no título.
- **Tópicos:** em caixa alta, negrito, recuo à esquerda, numerados em algarismos arábicos.
- **Introdução:** apresentar a questão, contextualizar com base na revisão da literatura, explicitar os objetivos e, se necessário, apresentar as hipóteses.
- **Material e Métodos:** deve conter descrições breves, suficientemente claras para permitir a repetição do estudo; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome completo da(s) espécie(s). Mapas podem ser inclusos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Apresentar as coordenadas geográficas de estudos de campo. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para análise de dados em Resultados deve, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e Métodos. Se houver subdivisão deste item, utilizar caixa alta e baixa e negrito.

- **Resultados e Discussão:** a separação em dois itens é opcional. Se houver subdivisão deste item, utilizar caixa alta e baixa e negrito.
- **Conclusões:** as conclusões, se houver, devem estar neste item, claramente relacionadas com os objetivos e as hipóteses colocadas na Introdução. Se as conclusões forem poucas e dispensarem um item específico podem finalizar o item anterior.
- **Agradecimentos:** devem ser sucintos; nomes de pessoas e instituições devem ser escritos por extenso, explicitando o porquê dos agradecimentos. Créditos de financiamentos, bolsas e vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos podem ser incluídos.
- **Referências Bibliográficas:** devem ser apresentadas no final do texto, sem recuo, dispostas em ordem alfabética. Para a elaboração deste item, verificar as *Normas para Referências Bibliográficas*.
- **Notas de Rodapé:** devem ser evitadas ao máximo, podendo ser, excepcionalmente, aceitas. Utilizar fonte Arial 7.
- **Ilustrações:** são consideradas ilustrações as Tabelas, Figuras e Quadros. Deverão apresentar chamada no texto, sem abreviatura e com letra inicial em maiúscula. No texto, as ilustrações devem ser inseridas o mais próximo possível da citação. Os títulos das ilustrações devem estar em português e inglês, autoexplicativos, sem negrito e com fonte Times New Roman 10.
 - **Tabelas e Quadros:** nas tabelas e quadros os títulos devem vir em posição superior a estas. A primeira linha do título não tem recuo, letra inicial maiúscula, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e um ponto (ex.: Tabela 1. Título.). Recomenda-se não utilizar linhas verticais separando as colunas. Quanto ao sombreamento das linhas de tabelas e quadros, utilizar tons de cinza quando extremamente necessário. As fontes consultadas para a construção das tabelas e outras notas devem ser colocadas após o traço inferior. Enviar as tabelas em arquivo Word.
 - **Figuras:** desenhos, mapas, esquemas, fichas, gráficos e fotografias são considerados como Figura. Nas figuras os títulos devem vir em posição inferior a estas. A primeira linha do título não tem recuo, letra inicial maiúscula, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e um ponto (ex.: Figura 1. Título.). As fotografias devem ser enviadas em arquivo digital, preferencialmente com extensão JPEG. Devem ser de boa qualidade, ter resolução mínima de 300 DPIs, formato máximo de 150 mm x 100 mm e conter o crédito do(s) autor(es). Não serão aceitas imagens escaneadas com baixa resolução. O tamanho máximo de mapas, esquemas, desenhos, fichas e gráficos deverá ser de 215 mm x 170 mm, incluindo o título e a fonte consultada (se houver). No envio da versão final do trabalho, as figuras deverão vir em arquivos separados.
- **Equações:** devem estar destacadas no texto para facilitar sua leitura. É permitido o uso de uma entrelinha maior, que comporte seus elementos (expoentes, índices e outros). Quando fragmentadas em mais de uma linha, por falta de espaço, devem ser interrompidas antes do sinal de igualdade ou depois dos sinais de adição, subtração, multiplicação e divisão.
- **Siglas e Abreviaturas:** as siglas e abreviaturas devem ser apresentadas em caixa alta. Quando utilizadas pela primeira vez no texto, devem ser precedidas pelo seu significado por extenso, com travessão, ex.: Unidade de Conservação – UC. Siglas internacionais não devem ser traduzidas. Evitar o uso de siglas no Abstract.
- **Nomenclatura Científica:** deve ser abreviada somente quando aparecer mais de uma vez no mesmo parágrafo. Seguir as regras internacionais.
- **Números:** escrever por extenso os números de um até nove, exceto quando seguidos de unidade ou indicarem numeração de tabela ou figura, ex.: três indivíduos, 6,0 m, 2,0-2,5 µm. Para os números decimais utilizar vírgula nos artigos escritos em português ou espanhol, e ponto nos artigos escritos em inglês.
- **Unidades e Medidas:** deve-se utilizar o sistema métrico e o Sistema Internacional de Unidades – SI. Separar as unidades dos valores através de um espaço, exceto para porcentagem, graus, minutos e segundos das coordenadas geográficas. Utilizar abreviaturas sempre que possível e, para as unidades compostas, usar exponenciação e não barras. Ex.: mg.dia⁻¹ em vez de mg/dia⁻¹, µmol.min⁻¹ em vez de µmol/min⁻¹.

Normas para Citação no Texto

A citação no texto deverá apresentar o formato **autor** (inicial maiúscula) + **data**.

Nas citações com dois autores os sobrenomes devem estar ligados por “e”. Ex.: Chaves e Usberti (2003) ou (Chaves e Usberti, 2003).

Nas citações com três ou mais autores, citar o primeiro autor seguido da expressão latina “et al.” sem itálico. Ex.: Gomes et al. (2008) ou (Gomes et al., 2008).

Nas citações indiretas usar a expressão latina “apud” sem itálico. Ex.: Oliveira (2002) apud Souza (2009).

Nas citações de vários artigos do mesmo autor e mesma data, indicar através de letras minúsculas a, b, c, etc. Ex.: Vrek (2005a, b) ou (Vrek, 2005a, b).

Citações de informações obtidas por meio de comunicação pessoal devem ser evitadas. Porém, se apresentadas, devem vir entre parênteses no texto, com o nome completo do autor. Ex.: (José da Silva, comunicação pessoal).

Dados não publicados devem ser apresentados sempre em nota de rodapé, acompanhados pela expressão “não publicado” entre parênteses.

Citações de dissertações, teses e publicações no prelo devem ser evitadas ao máximo, podendo ser aceitas a critério da Comissão Editorial.

Não serão aceitas citações de resumos simples e monografias ou trabalhos de conclusão de curso.

Normas para Referências Bibliográficas

Deverão ser apresentadas em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es), obedecer a ordem cronológica de publicação. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es) e mesma data, indicar através de letras minúsculas, ex.: 2005a, 2005b, etc. Para os documentos com mais de três autores, indicar o primeiro autor seguido da expressão latina “et al.” sem itálico. Os nomes dos autores devem ficar separados por ponto e vírgula e as iniciais dos prenomes não devem ter espaço.

Exemplos:

- **Livro**

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 3, 593 p.

- **Capítulo ou Parte de Livro**

HOBBS, R.J.; NORTON, D.A. Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. In: TEMPERTON, V.M. et al. (Ed.). **Assembly rules and restoration ecology**. London: Island Press, 2007. p. 72-95.

- **Dissertação/Tese**

MIGLIORINI, A.J. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da floresta**. 1986. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

- **Artigo de Periódico**

YAMAMOTO, L.F.; KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecidual Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 3, p. 553-573, 2007.

- **Trabalho Apresentado em Evento e Publicado em Anais**

GIANSANTE, A.E. et al. Sensoriamento remoto aplicado à proteção de mananciais: o caso do sistema Cantareira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 1993, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 1993. v. 2, p. 657-659.

- **Legislação**

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. **Lex**: coletânea de legislação e jurisprudência, v. 70, p. 3145-3166, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 53.494, de 2 de outubro de 2008. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas, as quase ameaçadas, as colapsadas, sobreexploradas, ameaçadas de sobreexploração e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 118, n. 187, 3 out. 2008. Seção I, p. 1-10.

- **Mapa**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1998. Escala 1:5.000.000.

- **Documento Obtido por Via Eletrônica**

CATHARINO, E.L.M. et al. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00306022006>>. Acesso em: 16 set. 2009.

