

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

v.32 n. 2 dez. 2020

Revista do Instituto Florestal

v. 32 n. 2 p. 117 - 245 dez. 2020

GOVERNADOR DO ESTADO

João Doria

SECRETÁRIO DE INFRAESTRUTURA E DO MEIO AMBIENTE

Marcos Penido

SUBSECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

Eduardo Trani

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Luis Alberto Bucci

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

v. 32 n. 2 p. 117 - 245 dez. 2020

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

São Paulo, Instituto Florestal.

1989, 1(1-2)	2000, 12(1-2)	2011, 23(1-2)
1990, 2(1-2)	2001, 13(1-2)	2012, 24(1-2)
1991, 3(1-2)	2002, 14(1-2)	2013, 25(1-2)
1992, 4	2003, 15(1-2)	2014, 26(1-2)
1993, 5(1-2)	2004, 16(1-2)	2015, 27(1-2)
1994, 6	2005, 17(1-2)	2016, 28(1-2)
1995, 7(1-2)	2006, 18	2017, 29(1-2)
1996, 8(1-2)	2007, 19(1-2)	2018, 30(1-2)
1997, 9(1-2)	2008, 20(1-2)	2019, 31(1-2)
1998, 10(1-2)	2009, 21(1-2)	2020, 32(1-2)
1999, 11(1-2)	2010, 22(1-2)	

A Revista do Instituto Florestal é filiada à Associação Brasileira de Editores Científicos – ABEC.

Fontes de indexação

- Academic Journal Database
- International System of Agricultural Science and Technology – AGRIS
- Directory of Open Access Journal – DOAJ
- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de America Latina, el Caribe, España y Portugal – Latindex
- Open Access Library – OALib
- Directory of Open Access Scholarly Resources – ROAD
- Sumários de Revistas Brasileiras

Instituto Florestal

Rua do Horto, 931

Cep: 02377-000 – São Paulo – SP

Telefone/ Fax: (11) 2231-8555 – ramal: 2043

<http://www.iflorestal.sp.gov.br>

Email: publica@if.sp.gov.br

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

Isabele Sarzi Falchi
Instituto Biológico

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal (aposentada)

Paulo Andreetto de Muzio
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agrônômico de Campinas (aposentada)

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*

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*

REVISÃO GERAL

GENERAL REVIEW

Marilda Rapp de Eston

CRIAÇÃO DA CAPA

COVER ART

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Regiane Stella Guzzon

EDITORAÇÃO GRÁFICA

GRAPHIC EDITING

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Luisa Sadeck dos Santos

TRATAMENTO DE IMAGENS

IMAGE EDITING

Luisa Sadeck dos Santos

ANALISTAS/REFEREES

Alexsander Zamorano Antunes
Instituto Florestal

Angélica Midori Sugieda
Fundação Parque Zoológico São Paulo

Eduardo Hortal Pereira Barretto
Herbário Municipal de São Paulo

Eduardo Luiz Longui
Instituto Florestal

Erick Phelipe Amorim
Universidade Federal de São Carlos

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Jackson Roberto Eleotério
Universidade Regional de Blumenau – FURB

João Carlos Nucci
Universidade Federal do Paraná

José Arimatéia Rabelo Machado
Instituto Florestal

Julia Sonsin Oliveira
Universidade de Brasília

Marcio Port Carvalho
Instituto Florestal

Maria Teresa Zugliani Toniato
Instituto Florestal

Matheus Peres Chagas
Universidade Federal de Goiás - UFG

Ricardo Marques Barreiros
*Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho*

Sidinei Rodrigues dos Santos
Universidade Federal do Pampa

Silvana Nisgoski
Universidade Federal do Paraná

Tatiana Paula Marques de Arruda
Universidade do Estado de Mato Grosso

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Bioenergy potential of 30-year-old *Balfourodendron riedellianum* (Engl.) Engl. and 32-year-old *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. wood from homogeneous plantations. Potencial bioenergético das madeiras de *Balfourodendron riedellianum* (Engl.) Engl. aos 30 anos e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. aos 32 anos provenientes de plantios homogêneos. Erick Phelipe AMORIM; Rami Amanda Padua MELO; Fábio Minoru YAMAJI; Eduardo Luiz LONGUI 117 - 127
- Materiais lignocelulósicos em uso pelo setor produtivo de casas de madeira no Brasil. Lignocellulosic materials in use by the production sector of timber houses in Brazil. Victor Almeida DE ARAUJO; João Carlos BIAZZON; Elen Aparecida Martines MORALES; Juliana CORTEZ-BARBOSA; Maristela GAVA; José Nivaldo GARCIA 129 - 141
- Plasticidade fenotípica em folhas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage sob diferentes níveis de sombreamento. Fenotypic plasticity in leaves of *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage under different shading levels. Aline BIREAHL; Paulo Cesar Poeta FERMINO JUNIOR 143 - 157
- Lagartos da Estação Ecológica de Angatuba, estado de São Paulo, Brasil. Lizards from Angatuba Ecological Station, state of São Paulo, Brazil. Cybele de Oliveira ARAUJO 159 - 170
- Influence of soil type on wood density and mean annual increment in two commercial *Eucalyptus* clones. Influência do tipo de solo na densidade da madeira e incremento médio anual em dois clones comerciais de *Eucalyptus*. Gustavo Torres Galvão da SILVA; Karina MARTINS; Larissa de Lima BELINAZI; Alex Passos dos SANTOS; Márcio ROSSI; Eduardo Luiz LONGUI 171 - 186
- Estratégias para a preservação da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Cunha-SP, Brasil: aspectos ambientais, socioeconômicos e jurídicos. Strategies for the preservation of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in Cunha-SP, Brazil: environmental, socioeconomic and legal aspects. Roberto STARZYNSKI; Marco Aurélio NALON; Cesar Gonçalves Afonso FRIZO; Priscilla Menezes de SOUZA 187 - 201
- Wood potential of 33-year-old *Corymbia citriodora* for pulp and paper in three soil types. Potencial da madeira de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade para papel e celulose em três tipos de solos. Willyam de Lima VIEIRA; Erick Phelipe AMORIM; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Iraê Amaral GUERRINI; Márcio ROSSI; Eduardo Luiz LONGUI 203 - 214
- Estrutura de clareiras de origem antrópica na Serra da Cantareira, SP, Brasil. Structure of man-made clearings in the Serra da Cantareira, SP, Brazil. Frederico Alexandre Rocchia Dal Pozzo ARZOLLA; Francisco Eduardo Silva Pinto VILELA; Gláucia Cortez Ramos de PAULA; George John SHEPHERD 215 - 237
- ### NOTA CIENTÍFICA/SCIENTIFIC NOTE
- Registros de irara *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) com coloração anômala em remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no estado de São Paulo, Brasil (Nota Científica). Records of taylor *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) with anomalous coloring in remnant of Semideciduous Seasonal Forest in São Paulo state, Brazil (Scientific Note). Walter Daniel GREGHI; Marina CARBONI; Frederico Fregolente Faracco MAZZIERO; Fabio MAFFEI 239 - 245

**BIOENERGY POTENTIAL OF 30-YEAR-OLD *Balfourodendron riedellianum* (Engl.) Engl.
AND 32-YEAR-OLD *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. WOOD FROM
HOMOGENEOUS PLANTATIONS¹**

**POTENCIAL BIOENERGÉTICO DAS MADEIRAS DE *Balfourodendron riedellianum* (Engl.) Engl.
AOS 30 ANOS E *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. AOS 32 ANOS PROVENIENTES DE
PLANTIOS HOMOGÊNEOS**

Erick Phelipe AMORIM²; Rami Amanda Padua MELO³; Fábio Minoru YAMAJI⁴; Eduardo Luiz LONGUI^{3,5}

ABSTRACT - Scientific knowledge of native species in different plantations is important for encouraging sustainable forest management policies, especially if a particular species is at risk of extinction, such as *Balfourodendron riedellianum*. In this context, studies on energy characteristics of native wood are scarce. Thus, we aimed to determine Higher Heating Value - HHV and Wood Density - DE of 30-year-old *B. riedellianum* of 32-year-old *Peltophorum dubium* from different origins: *B. riedellianum* from Alvorada do Sul, Bauru and Gália and *P. dubium* from Alvorada do Sul and Bauru. We selected these species because they belong to different successional groups. *B. riedellianum* is late secondary, and *P. dubium* is a pioneer species. We observed medium basic density for *P. dubium* and high density for *B. riedellianum*. Density was higher for both species from Alvorada do Sul. The correlation between HHV and DE showed a significant positive relationship, but only in Bauru provenance. Despite differences between analyzed properties, both species have favorable values for use in bioenergy.

Keywords: Canafístula; Pau-marfim; Native planting; Wood quality.

RESUMO - O conhecimento científico de espécies nativas em diferentes plantios é importante para o incentivo de políticas de manejo florestal sustentável, especificamente se uma determinada espécie possui risco de extinção, como *Balfourodendron riedellianum*. Nesse contexto, estudos sobre as características energéticas da madeira nativa são escassos. Desta forma, objetivamos avaliar o Poder Calorífico Superior - PCS e a Densidade da Madeira - DE de *Balfourodendron riedellianum* aos 30 anos e *Peltophorum dubium* aos 32 anos de idade de diferentes procedências. *B. riedellianum*: Alvorada do Sul, Bauru and Gália. *P. dubium*: Alvorada do Sul e Bauru. Selecionamos essas espécies por pertencerem a diferentes grupos sucessionais, sendo *B. riedellianum*, uma secundária tardia e *P. dubium*, uma pioneira, determinando o potencial dessas espécies como matéria prima para bioenergia. Observamos média densidade básica para a espécie *P. dubium* e alta densidade para *B. riedellianum*. A densidade foi maior para ambas espécies na procedência de Alvorada do Sul. A correlação entre PCS e DE mostrou relação significativa positiva apenas na procedência de Bauru. Apesar de haver diferenças entre as propriedades analisadas, em síntese, ambas espécies apresentam valores favoráveis para serem empregadas para fins energéticos.

Palavras-chave: Canafístula; Pau-marfim; Plantio de nativas; Qualidade da madeira.

¹ Recebido para análise em 12.05.2020. Aceito para publicação em 27.07.2020.

² Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, Rod. João Leme dos Santos, 18052-780, Sorocaba, SP, Brazil.

³ Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02340-970, São Paulo, SP, Brazil.

⁴ Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, Rod. João Leme dos Santos, 18052-780, Sorocaba, SP, Brazil.

⁵ Corresponding author: Eduardo Luiz Longui - edulongui@gmail.com

1 INTRODUCTION

The global demand for energy has increased significantly in the last decades, but most of the additional demand is still being supplied by use of fossil fuels (Empresa de Pesquisa Energética, 2018). Therefore, the incentive for, as well as intensification of, renewable sources becomes essential, among which biomass stands out as one of the most relevant and promising alternatives in Brazil.

In Brazil, 42.9% of the energy matrix comes from renewable sources from which biomass accounts for almost 10% (Empresa de Pesquisa Energética, 2018). According to data from Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (IBÁ, 2019), the area with forests planted for industrial purposes in Brazil totaled 7.83 million in 2018, which contributed 91% of all wood produced for industrial purposes and 6.9% of industrial GDP in the country. About 6.3 million hectares are covered by *Eucalyptus* spp. plantations intended mainly for energy uses and paper production, since *Eucalyptus* species are dedicated for both purposes, with few studies addressing wood quality of native species for energy uses (IBÁ, 2019).

It is estimated that around 40 to 60% of total volume of native tree species is used in processing of log, while the remainder is transformed into waste, most of which is not used commercially (Monteiro et al., 2012). Among the main uses of waste generated from native species, we can mention energy generation by direct burning or waste transformation into briquettes, pellets or charcoal (Moutinho et al., 2016).

One of the ways to achieve sustainable use of native woods is through species selection for forest management. This practice can provide information on economic activities in native forests of all Brazilian biomes, a key point for regulating the sustainable use of forestry resources, including waste (Gasson et al., 2018).

The growth and development of a species with potential energy use, as well as wood features, can be different according to edaphic and climatic conditions, and each country, or even region, must develop strategies independent of biomass production or management programs for more appropriate use of timber resources (Mola-Yudego et al., 2017).

Forest biomass is an important source of energy, as it is very abundant. It is an alternative source of energy that offers significant economic and environmental advantages, as it contributes to reducing dependence on petroleum-derived fuels (Chaves, 2016). According to the principles of sustainable development, the use of forest-based biomass for energy is recognized as a measure to mitigate global warming, as it replaces fossil fuels and reduces the emission of greenhouse gases (Staples et al., 2017).

In selecting native species for energy use, Karsten et al. (2014) recommend studying silvicultural methods, intensity of exploitation, cutting cycles and characteristics of biomass to be used. Specifically, *B. riedelianum* was listed by the International Union for the Conservation of Nature (IUCN, 2015) as an endangered species owing to intensive exploration for wood resources in the Atlantic Forest biome, highlighting the importance of characterizing wood properties and incentivizing planting and reforestation with species appropriate for bioenergy uses (Carvalho, 2004; Aguiar et al., 2019).

For most forest species, Silva et al. (2009) expect a positive relationship between higher heating value and wood density based on lignin and cellulose content. However, wood density is influenced by several factors and varies significantly according to age, place of origin, spacing, growth rate between genera and species (Valério et al., 2008).

In this context, present study evaluated Higher Heating Value - HHV and Wood Density - DE of two native wood species of interest, *Balfourodendron riedelianum* and *Peltophorum dubium*, in a homogeneous plantation at the Forestry Institute, Brazil. *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., Rutaceae (pau-marfim) is a native, nonendemic species of Brazil with geographical distribution in midwestern, southeastern and southern Brazil, as well as the Cerrado and Atlantic Forest (Pirani, 2017). *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub, Fabaceae (canafistula) is also a native species, not endemic to Brazil, with geographical distribution in northeastern, midwestern, southeastern and southern Brazil, as well as the Caatinga, Cerrado, Atlantic Forest and Pantanal (Silva, 2017).

B. riedelianum and *P. dubium* are important for logging purposes. As such, it is essential to establish the bioenergy values of these native species in order to make planting decisions and apply the resource correctly. We selected these species because they belong to different successional groups and because few studies have reported the properties of these species for energy uses. *B. riedelianum* is late secondary (Durigan and Nogueira, 1990), and *P. dubium* is a pioneer species (Lorenzi, 2002). Thus, our objective was to determine Higher Heating Value and Wood Density of these species as raw materials for bioenergy.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Provenances of the seeds and planting area

In 1983, seeds of *B. riedelianum* from open-pollinated plants were collected in three

natural populations (provenances) in the states of São Paulo and Paraná municipalities, Alvorada do Sul (AS), state of Paraná; Bauru (BA) and Gália (GA), state of São Paulo. Seedlings were grown from seeds planted in 1984 at the Luiz Antônio Experimental Station - LAES in the municipality of Luiz Antônio. The plantation was established in six blocks in linear plots of six plants at a spacing of 3 m × 3 m (Gurgel-Garrido et al., 1997).

In 1981, seeds of *P. dubium* from open-pollinated plants were collected in two natural populations (provenances) in AS and BA. Seedlings were grown from the seeds planted in 1982 at LAES. The plantation was established in six blocks in linear plots of six plants at a spacing of 3 m × 2 m (Gurgel-Garrido et al., 1997). Geographic location, climate and soil data from the four areas are presented in Table 1.

Tabela 1. Geographic location, climatic and soil data in the provenances of *B. riedelianum* (Alvorada do Sul-PR, Bauru-SP and Gália-SP) at 30-years-old and *P. dubium* (Alvorada do Sul-PR and Bauru-SP) at 32-years-old and data from the municipality of Luiz Antônio-SP.

Table 1. Localização geográfica, dados climáticos e de solo das procedências de *B. riedelianum* (Alvorada do Sul-PR, Bauru-SP e Gália-SP) aos 30 anos e *P. dubium* (Alvorada do Sul-PR e Bauru-SP) aos 32 anos e dados do município de Luiz Antônio-SP.

Area and Geographic location	Luiz Antônio (21°40'S, 47°49'W)	Alvorada do Sul (22°46'S, 51°13'W)	Bauru (22°18'S, 49°03'W)	Gália (22°17'S, 49°33'W)
Köppen climate classification	Cwa	Cfa	Cwa	Cwa
Mean precipitation (mm)*	1340	1368	1296	1395
Mean temperature (°C)*	23.5	22.1	22.5	22.0
Mean minimum temperature (°C)	16	16	17.2	15.6
Mean maximum temperature (°C)	30	28.4	27.8	28.5
Altitude (m)	550	320	530	650
Soil type and characteristic**	Dark Red Latosol. Medium texture, clayey or very clayey. High fertility. Low water-holding capacity.	Red nitosol. Clay texture to very clayey. Medium to high fertility. High water-holding capacity.	Red Argisols. Medium texture to coarse. Low fertility. Low water-holding capacity.	Red Yellow Latosol. Medium texture. Low fertility. Low water-holding capacity.

* Data of mean annual precipitation and temperature from January 1975 to December 1985 (ANA, 2017).

* Dados de precipitação média anual e temperatura de Janeiro de 1975 a Dezembro de 1985 (ANA, 2017).

** Data of Luiz Antônio, Alvorada do Sul, Bauru and Gália (Assad et al., 2020; Galão, 2017).

** Dados de Luiz Antônio, Alvorada do Sul, Bauru e Gália (Assad et al., 2020; Galão, 2017).

It should be noted that Assad et al. (2020) and Galão (2017) studied wood quality without evaluating wood energy characteristics.

2.2 Sampling

In 2013, 36 *B. riedelianum* trees were collected and randomly selected, 12 from each source. A 1.3 m trunk was removed from the base of each tree, and a central board was cut to obtain samples, resulting in the study of Assad et al. (2020).

Also, in 2013, we selected 30 *P. dubium* trees at random, 15 from each source. A 1.3 m trunk was removed from the base of each tree, and a central board was cut to obtain specimens, resulting in study of Galão (2017). Samples close to the bark were removed for Higher Heating Value - HHV and determination of Wood Density - DE. Tree height and Diameter at Breast Height - DBH (1.3 m from the ground) are shown in Table 2.

Table 2. Tree height and mean DBH from *B. riedelianum* (Alvorada do Sul-PR, Bauru-SP and Gália-SP) at 30-years-old and *P. dubium* (Alvorada do Sul-PR and Bauru-SP) at 32-years-old.

Tabela 2. Altura da árvore e DAP médio de *B. riedelianum* (Alvorada do Sul-PR, Bauru-SP e Gália-SP) aos 30 anos e *P. dubium* (Alvorada do Sul-PR e Bauru-SP) aos 32 anos.

<i>Balfourodendron riedelianum</i>			
	Alvorada do Sul	Bauru	Gália
Height (m)	15.64	15.95	16.24
DBH (cm)	15.19	16.48	16.36
<i>Peltophorum dubium</i>			
	Alvorada do Sul	Bauru	
Height (m)	16.9	15.9	
DBH (cm)	15.9	15.6	

2.3 Wood Density

Wood Density - DE was determined according to Glass and Zelinka (2010) by evaluating the mass and volume at 12% Moisture Content - MC. Specimens of 3 x 2 x 2 cm were conditioned at constant temperature and MC (21°C and 65%MC, respectively), and under these conditions, mass was determined with an analytical balance. The volume was estimated with a caliper rule used to measure their dimensions.

2.4 Higher Heating Value

The same samples used in wood density determination were fragmented into smaller pieces with a hammer and chisel and milled in a micro mill. Higher Heating Value - HHV was determined after thermal rectification with dry samples. To perform the analysis, the isoperibolic method was used with an IKA C200 calorimeter, according to American Society for Testing and Materials - ASTM, D5865-98 (ASTM, 1998).

2.5 Energy Density

Energy Density - ED of wood was calculated by multiplying Higher Heating Value by Wood Density with values expressed in (kJ.m³).

2.6 Data Analyses

We initially undertook descriptive statistical analysis and used Box Plot graphics to detect outliers. Thus, values 1.5 times higher than the 3rd quartile and values 1.5 times lower than the 1st quartile were excluded from the analysis. Normality tests were performed to check the distribution of data, and when a normal distribution was not observed, data were square root-transformed. Then, for *B. riedelianum*, a parametric analysis of variance (one-way analysis of variance) (ANOVA) was performed. Tukey's test was used to identify pairs of significantly different means. For *P. dubium*, t test was used to identify pairs of significantly different means. Linear regressions between Wood Density and Higher Heating Value were also performed.

3 RESULTS

In *B. riedelianum*, higher HHV values occurred in Gália and Bauru provenances, and in *P. dubium*, HHV was higher in Bauru. The lowest HHV values occurred in Alvorada do Sul in both

species. Wood Density was higher in Alvorada do Sul in *B. riedelianum* and did not differ in *P. dubium*. We observed that for *P. dubium* it has lower values of Energy Density. The values found for *B. riedilianum* were higher, with no significant differences for the origins (Table 3).

Table 3. Median values of Higher Heating Value - HHV, Wood Density - DE, (apparent density at 12% moisture content) and Energy Density - ED from *B. riedelianum* (Alvorada do Sul-PR, Bauru-SP and Gália-SP) at 30-years-old and *P. dubium* (Alvorada do Sul-PR and Bauru-SP) at 32-years-old.

Tabela 3. Valores médios de Poder Calorífico Superior - HHV, Densidade da Madeira - DE e Densidade Energética - ED de *B. riedelianum* (Alvorada do Sul-PR, Bauru-SP e Gália-SP) aos 30 anos e *P. dubium* (Alvorada do Sul-PR e Bauru-SP) aos 32 anos.

<i>Balfourodendron riedelianum</i>			
	Alvorada do Sul	Bauru	Gália
HHV (kJ.kg ⁻¹)	19167 b	19414 a	19318 a
*DE (g.cm ⁻³)	0.90 a	0.84 b	0.84 b
ED (kJ.m ³)	16384 a	16025 a	15844 a
<i>Peltophorum dubium</i>			
	Alvorada do Sul	Bauru	
HHV (kJ.kg ⁻¹)	19300 b	19609 a	
*DE (g.cm ⁻³)	0.61 a	0.63 a	
ED (kJ.m ³)	13036 a	12442 b	

Source: *DE for *B. riedelianum* (Assad et al., 2020) and *P. dubium* (Galão, 2017).

Fonte: *DE para *B. riedelianum* (Assad et al., 2020) e *P. dubium* (Galão, 2017).

The difference between provenances in the same row is represented by distinct letters differing statistically ($P < 0.05$) by Tukey's test in *B. riedelianum* and t test in *P. dubium*.

A diferença entre procedências na mesma linha é representada por letras distintas que diferem estatisticamente ($P < 0.05$) pelo teste de Tukey em *B. riedelianum* e test t em *P. dubium*.

HHV was significantly related to density in *B. riedelianum*. However, a negative relationship was observed in Bauru and a

positive one in Alvorada do Sul. No significant relationships were observed in *P. dubium* (Figures 1 and 2).

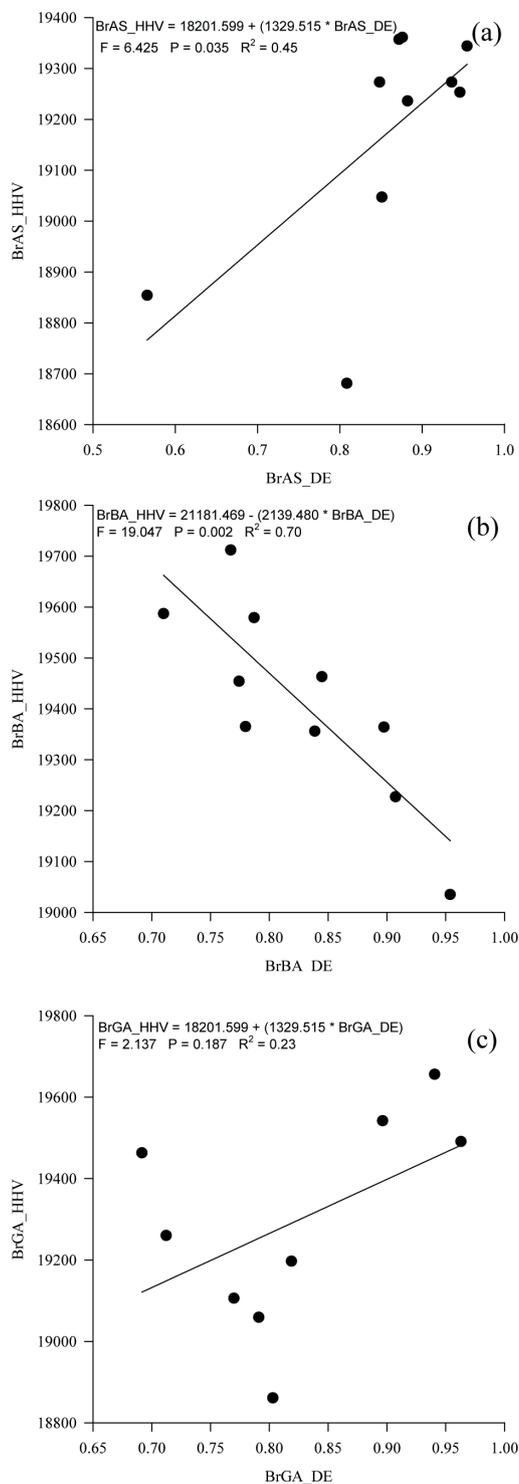


Figure 1. Relationships between HHV as a function of Wood Density - DE of *Balfourodendron riedelianum* at 30-years-old: (a) Alvorada do Sul; (b) Bauru; (c) Gália.

Figura 1. Relações entre HHV em função da Densidade da Madeira - DE de *Balfourodendron riedelianum* aos 30 anos de idade: (a) Alvorada do Sul; (b) Bauru; (c) Gália.

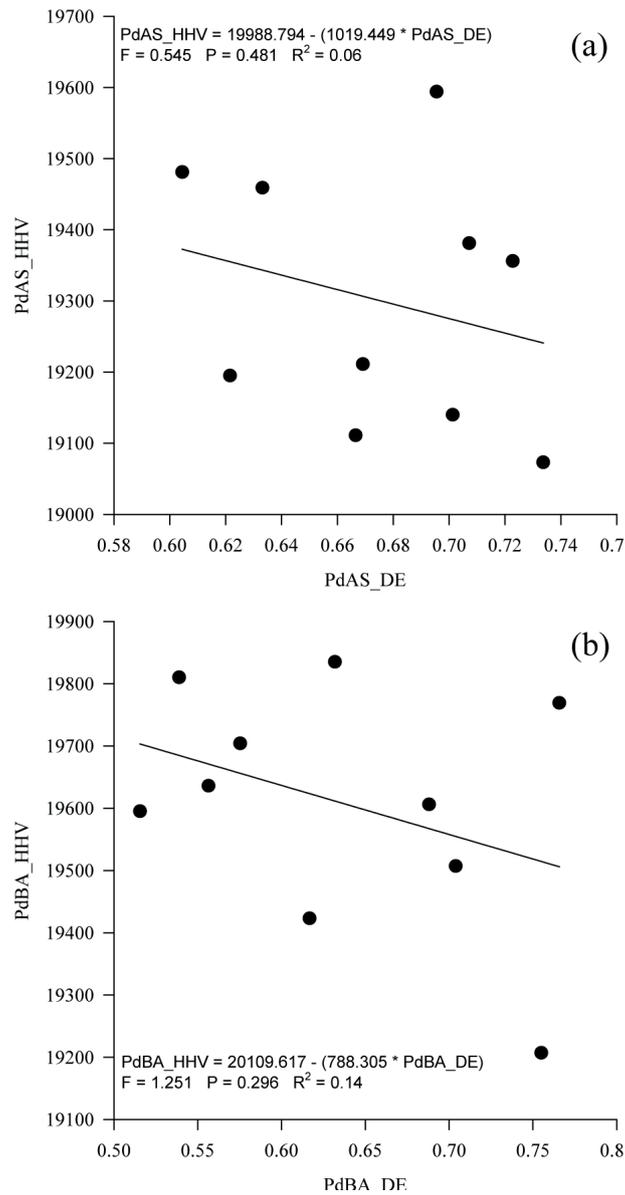


Figure 2. Relationships between HHV as a function of Wood Density - DE of *Peltophorum dubium* at 32-years-old: (a) Alvorada do Sul; (b) Bauru.

Figura 2. Relações entre o HHV em função da Densidade da Madeira - DE de *Peltophorum dubium* aos 32 anos de idade: (a) Alvorada do Sul; (b) Bauru.

4 DISCUSSION

It is expected that higher density wood will present HHV, but this was not observed in our study because *P. dubium* has lower densities and higher HHV, specifically *P. dubium* from Bauru (Table 3). However, wood properties, such as chemical composition, vary, depending on genetic factors, edaphoclimatic conditions, silvicultural treatments and age (Oliveira et al., 2012). In addition, quality and quantity of charcoal basically depend on physical and chemical wood characteristics and the production process. Therefore, it is necessary to understand these characteristics of trees from different origins and the correlations between them (Pereira et al., 2013).

Quirino et al. (2005) reported basic density values of 108 Brazilian forest species, ranging from 0.20 to 1.08 g.cm⁻³, with potential for energy generation. In the present study, density values of two species were similar to those other studies. Vivian et al. (2010), evaluating the wood physical properties of *P. dubium*, found a density of 0.64 g.cm⁻³. For *B. riedelianum*, Lopes (2017) reports an average value of 0.84 g.cm⁻³.

Araújo (2002) proposes different classes for Wood Density, including low, i.e., those with values below 0.550 g.cm⁻³; medium density, i.e., those with corresponding values between 0.550 to 0.720 g.cm⁻³; and high density, i.e., those with values greater than 0.730 g.cm⁻³. Based on this information, *B. riedelianum* wood is considered to have high density in three provenances, and *P. dubium* wood is considered to have medium density, according to the classification proposed by Araújo (2002).

According to Vieira (2012), low density wood tends to be less efficient in the wood burning process, resulting in rapid thermal transformation in less time. For this reason, it is recommended to use wood with higher densities, as they represent greater mass per unit volume.

Wood Density is directly related to energy production; thus, the higher the density, the greater the energy amount stored per cubic meter. Therefore, this characteristic is very important in the selection of species for direct wood burning. In addition, higher wood density results in higher coal densities and strength, as well as a greater amount of dough, reducing production costs and increasing coal production units and high ovens (Brito, 1993).

Vale et al. (2002) recommend the use of wood with density above 0.65 g.cm⁻³ in order to generate energy from biomass. *Balfourodendron riedelianum* has density values in three provenances that meet the requirements of Vale et al. (2002), while *P. dubium* wood from two provenances are below those requirements (Table 3).

Studying different *Eucalyptus* sp. clones, Protásio et al. (2013) and Carneiro et al. (2014) report wood density ranging from 0.45-0.56 g.cm⁻³, emphasizing that *Eucalyptus* species is widely used in Brazil for bioenergetic uses. However, for *B. riedelianum* and *P. dubium*, we observed densities higher than those reported in the literature for some *Eucalyptus*. This result suggests that the two studied species can be used for the production of charcoal and bioenergy and reinforces the need for studies related to genetic improvement of species for their bioenergetic use.

When it comes to wood quality for energy uses, density is the main parameter that indicates the suitability of wood. It is a complex variable, as it results from a combination of several factors, such as fiber size, wall thickness, vessel dimensions and fiber dimensions of anatomical elements and proportion of heartwood and sapwood (Silveira et al., 2013).

Carneiro et al. (2016) evaluated energy characteristics in *Eucalyptus* clones in three cities in the State of Minas Gerais. They report that edaphoclimatic characteristics influence wood quality and, consequently, energy characteristics and total charcoal produced.

Marques et al. (2020) studied five Cerrado species and reported HHV ranging from 18710 to 19300 kJ.kg⁻¹. Such studies show that it is possible to use wood waste from native species for energy, using wood residues after sawing processes for other uses.

Santos et al. (2013) evaluated eight forest species from Caatinga originating from a management plan for energy production. They report HHV values ranging from 18585 to 20179 kJ.kg⁻¹. The authors indicate that Wood Density, HHV and Wood Volumetric Productivity are essential metrics for determining potential bioenergetics use in the case of wood originating from forest with no waste management plan.

Studies with forest residues of native species from the Amazon have shown that raw material has potential use in biogeneration. Moutinho et al. (2016) studied forest residues from a second cut cycle and reported basic density ranging from 0.33 to 0.98 g.cm⁻³ and HHV ranging from 19309 to 20058 kJ.kg⁻¹, excellent values industrial energy use, and both are well within the values observed for *B. riedelianum* and *P. dubium*.

Energy Density measures the potential of a given volume of biomass for generating energy (Rodrigues and Rousset, 2009). Based on this characteristic, *B. riedelianum* wood shows no difference among provenances, despite otherwise satisfactory results, while Energy Density in *P. dubium* was higher in Alvorada do Sul. Energy Density, associated with Wood Density and HHV, can also be used as a characteristic for species selection for energy uses.

In general, positive relationships between HHV and Wood Density are expected. However, Quirino et al. (2005), analyzing higher heating value and basic density of 108 forest species, report that the highest calorific value does not necessarily correspond to species with the highest basic density. Thus, other wood characteristics can influence HHV, e.g., chemical components. Vidaurre et al. (2012) report that 1) density is not directly related to the amount of energy contained in wood and 2) no clear relationship can be established between basic density and calorific value. The authors report that higher density correlates with greater amount of energy contained per unit of volume, which stimulates the interest in denser wood for burning.

In our study, we observed a negative relationship in BA and positive relationship in AS between HHV and density in *B. riedelianum*. In addition, *P. dubium* has higher HHV values, even with lower density when compared to *B. riedelianum*, which reinforces the idea that other wood characteristics, besides the density, should be investigated when selecting suitable wood for energy. Castro (2011) mentions that numerous factors influence the relationship between HHV and density, e.g., tree age, genetic and environmental factors, silvicultural practices, and tree sampling.

5 CONCLUSIONS

Our results suggest that both species have potential for energy uses since HHV values are within the expected range for that purpose. In addition to Wood Density, we emphasize that other characteristics, such as Energy Density, must be analyzed as part of the process for choosing species for energy purposes. Specifically, in our study, *P. dubium* had higher HHV values, even though it presented lower density when compared to *B. riedelianum*. Additionally, the behavior between the two species was reflective of the different energy density results.

6 ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Antonio Carlos Scatena Zanatto for fieldwork, as well as Sonia Godoy Campião and Juraci de Andrade Barbosa (Instituto Florestal) for laboratory assistance. Erick Phelipe Amorim was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Finance Code 001), and Rami Amanda Padua Melo was supported by Centro de Integração Empresa-Escola - CIEE.

REFERENCES

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema de Informação Hidrológicas**: ano base 2017. Available at: <<http://www.snirh.gov.br/hidro telemetria/Mapa.aspx>>. Access on: 02 apr. 2020.
- AGUIAR, B.I. et al. Development of microsatellite markers for *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Pau marfim - Ivory tree): an endangered high value tropical tree (Scientific Note). **Revista do Instituto Florestal**, v. 31, n. 2, p. 157-162, 2019.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **D5865-98**: standard test method for gross calorific value of coal and coke. Philadelphia, 1998. p. 1-10.

ARAÚJO, H.J.B. **Agrupamento das espécies madeiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do projeto de colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas.** 2002. 184 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola de Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ASSAD, A.A.V. et al. Effect of provenances on wood properties of *Balfourodendron riedelianum*. **Madera y Bosques**, v. 26, n. 1, p. 1-12, 2020.

BRITO, J.O. Reflexões sobre a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico. **IPEF**, n.181, p. 1-6, 1993.

_____.; BARRICHELO, L.E. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, n. 14, p. 9-20, 1977.

CARNEIRO, A.C.O. et al. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função de idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014.

_____. et al. Efeito do material genético e do sítio na qualidade do carvão vegetal de madeira de curta rotação. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 473-480, 2016.

CARVALHO, P.E.R. Pau-marfim, *Balfourodendron riedelianum*. **Embrapa Florestas**, v. 93, n. 1, p. 1-11, 2004.

CASTRO, A.F.N.M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. na madeira e carvão vegetal.** 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CHAVES, L.I. et al. Small-scale power generation analysis: Downdraft gasifier coupled to engine generator set. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 491-498, 2016.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J.C.B. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, n. 4, p. 1-14, 1990.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço Energético Nacional 2018:** Ano base 2017, Relatório Síntese. 2018. Available at: < <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Access on: 30 apr. 2020.

GALÃO, A.T.D. **Incremento médio anual, anatomia e propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. com sementes de duas procedências.** 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GASSON, P. et al. Impact of management regime and frequency on the survival and productivity of four native tree species used for fuelwood and charcoal in the caatinga of northeast Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 116, p. 18- 25, 2018.

GLASS, S.V.; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: ROSS R. (Ed.). **Wood handbook:** wood as an engineering material. Madison, U.S.A: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 1-19.

GURGEL-GARRIDO, L.M.A. et al. Programa de melhoramento genético florestal do Instituto Florestal. **IF Série Registros**, n. 18, p. 1-53, 1997.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Anuário estatístico da IBÁ:** ano base 2019. Available at: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Access on: 27 apr. 2020.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 1998: e.T32987A9741568. Version 2015. Available at: <<https://www.iucnredlist.org/species/32987/9741568>>. Access on: 11 jul. 2020.

KARSTEN,R.J.;MEILBY,H.;LARSEN,J.B.Regeneration, and management of lesser known timber species in the Peruvian Amazon following disturbance by logging. **Forest Ecology and Management**, v. 327, n. 1, p. 76-85, 2014.

LOPES, O.P. **Arquitetura hidráulica e densidade da madeira de árvores de *Balfourodendron riedelianum*, *Cariniana legalis* e *Handroanthus vellosi* com 40 anos de idade.** 2017. 66 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum, 2002. v. 2, 386 p.
- MARQUES, R.D. et al. Wood quality of five species of the Cerrado for energy purposes. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, p. 1-12, 2020.
- MOLA-YUDEGO, B. et al. Wood biomass potentials for energy in northern Europe: forest or plantations? **Biomass and Bioenergy**, v. 106, p. 95-103, 2017.
- MONTEIRO, T.C.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F. Energia armazenada nos resíduos do desdobro de toras de *Eucalyptus grandis*. **Ciência da madeira**, v. 3, n. 1, p. 33-43, 2012.
- MOUTINHO, V.H.P. et al. Propriedades químicas e energéticas de madeiras amazônicas de segundo ciclo de corte. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 444-449, 2016.
- OLIVEIRA, A.C. et al. Avaliação de diferentes níveis de desbaste nas propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 59-68, 2012.
- PEREIRA, B.L.C. et al. Influence of chemical composition of eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. **Bioresources**, v. 8, p. 4574-4592, 2013.
- PIRANI, J.R.; GROppo, M.; DIAS, P. 2017. Rutaceae. In: Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB343>>. Access on: 30 apr. 2020.
- PROTÁSIO, T.P. et al. Seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 15-28, 2013.
- QUIRINO, W.F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. **Revista da madeira**, n. 89, v. 1, p. 100-106, 2005.
- RODRIGUES, T.O.; ROUSSET, P.L.A. Effects of torrefaction on energy properties of *Eucalyptus grandis* wood. **Cerne**, v. 15, n. 4, p. 446-452, 2009.
- SANTOS, R.C. et al. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 491-502, 2013.
- SILVA, L.B. et al. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 436-445, 2009.
- SILVA, T.S.; RANDO, J.G.; CARVALHO, D.A.S. 2017. *Peltophorum*. In: Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83567>>. Access on: 30 apr. 2020.
- SILVEIRA, L.H.C.; REZENDE, A.V.; VALE, A.T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 2, p. 179-184, 2013.
- STAPLES, M.D.; MALINA, R.; BARRETT, S.R.H. The limits of bioenergy for mitigating global life-cycle greenhouse gas emissions from fossil fuels. **Nature Energy**, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2017.
- VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. Qualificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.
- VALÉRIO, A.F. et al. Determinação da densidade básica da madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) ao longo do fuste. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 23-28, 2008.
- VIDAURRE, G.B. et al. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.
- VIEIRA, A.C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Energia na agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.
- VIVIAN, M.A. et al. Propriedades físico-mecânicas da madeira de canafistula aos 10 anos de idade. **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1097-1102, 2010.

MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS EM USO PELO SETOR PRODUTIVO DE CASAS DE MADEIRA NO BRASIL¹

LIGNOCELLULOSIC MATERIALS IN USE BY THE PRODUCTION SECTOR OF TIMBER HOUSES IN BRAZIL

Victor Almeida DE ARAUJO^{2,6}; João Carlos BIAZZON³; Elen Aparecida Martines MORALES⁴; Juliana CORTEZ-BARBOSA⁴; Maristela GAVA⁴; José Nivaldo GARCIA⁵

RESUMO - Mundialmente, a madeira e os seus derivados atuam como materiais fundamentais para a construção civil, em virtude de suas características. O Brasil tem produzido muitos estudos científicos e exemplares construtivos sobre a construção em madeira, mas esse cenário é ainda razoável frente àquelas nações desenvolvidas. Apesar dessa condição promissora, o país carece de soluções adaptadas às suas diversidades regionais, cujos desenvolvimentos demandam por iniciativas contínuas para gerar tecnologias construtivas e dados setoriais. À luz dessa carência, surgiu a necessidade de identificar a popularidade dos diversos tipos de madeira e derivados em uso no panorama nacional. Assim, este artigo teve como propósito fazer esse levantamento junto ao setor produtivo brasileiro da habitação de madeira. A coleta de dados foi realizada por entrevistas face-a-face com os respectivos produtores para verificar a utilização desses insumos por esse setor. Somente as matérias-primas estruturais foram declaradas em uso. A madeira maciça serrada e a madeira maciça verde foram os insumos serrados mais comuns. Os derivados de madeira mais populares foram, no caso dos painéis, a chapa de tiras orientadas e compensado, e no âmbito das vigas, a madeira laminada colada e a viga “I”.

Palavras-chave: Material construtivo; Madeira; Habitação; Pesquisa setorial.

ABSTRACT - Worldwide, wood and its composites act as underlying raw materials for construction, due to their features. Brazil has produced many scientific studies and building examples about timber construction, but this scenario is still reasonable compared to those developed nations. Despite this promising status, the country lacks construction solutions adapted to its regional diversities, whose developments demand for continuous initiatives to generate building technologies and materials, and sectoral data. In light of this data limitation, the need to identify the popularity of several types of wood and composites in use in the national panorama. Thus, this paper aimed to carry out this survey with the Brazilian production sector of timber housing. The data collection was carried out by face-to-face interviews with respective producers to verify the utilization of these inputs by this sector. Only the structural materials were declared in using. Sawn solid wood and green solid wood were the most common lumber-based inputs. The most popular wood-based composites were, in the case of panels, oriented strand board and plywood, and in the scope of beams, glued laminated timber and I-joist.

Keywords: Building material; Timber; Housing; Sectorial research.

¹ Recebido para análise em 06.09.2019. Aceito para publicação em 31.07.2020.

² Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento de Produtos Lignocelulósicos – LIGNO. Rua Geraldo Alckmin, 519, 18409-010, Itapeva, SP, Brasil.

³ Faculdade Anhanguera, Cursos de Engenharia Civil e Elétrica, Unidade Itapeva. Avenida Benjamin Constant, 654, 18405-000, Itapeva, SP, Brasil.

⁴ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Campus de Itapeva. Rua Geraldo Alckmin, 519, 18409-010, Itapeva, SP, Brasil.

⁵ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

⁶ Autor para correspondência: Victor Almeida de Araujo - engim.victor@yahoo.de / victor@alumni.usp.br

1 INTRODUÇÃO

A madeira mantém uma importância primordial na indústria da construção em todo o mundo, devido à sua originalidade, versatilidade, diversidade e estética (Lyons, 2010). Os produtos de madeira para a construção variam desde peças com pouco ou nenhum processamento até aquelas com vários graus de beneficiamento, incluindo formas roliças, serradas, beneficiadas ou derivadas (Zenid, 2009).

A madeira roliça possui aplicação em sua forma natural ou torneada em um cilindro. Ainda pode ser encontrada com ou sem a sua casca envoltória. A extração da madeira roliça, isto é, das toras, na floresta é realizada pelo abatimento da árvore com um corte transversal em sua base, por meio de motosserras, serras e serrotes ou modernas máquinas de colheita, e.g., harvesters ou feller bunchers.

A madeira serrada é oriunda do processo de transformação pelo corte longitudinal das toras de madeira para a produção de peças de seção retangular ou quadrangular (Figura 1), na forma de tábuas, pranchas, vigas, vigotas, caibros, sarrafos e ripas (Gonçalves, 2000; Zenid, 2009; Wiedenhoeft, 2010). Precursora da madeira serrada mecanicamente, a madeira falquejada representa a técnica artesanal de cortes manuais para o seccionamento em blocos sólidos por meio de machados, formões etc.

A madeira beneficiada é obtida pela usinagem das peças serradas por meio das operações de aplainamento, molduramento, torneamento, furação, desempeno, desengrosso, destopamento, recortes, ranhuras e/ou respigamento (Zenid, 2009). A madeira aparelhada resulta do processo de aplainamento de suas faces maiores, com a sua regularização dimensional mediante um esquadrejamento da peça.

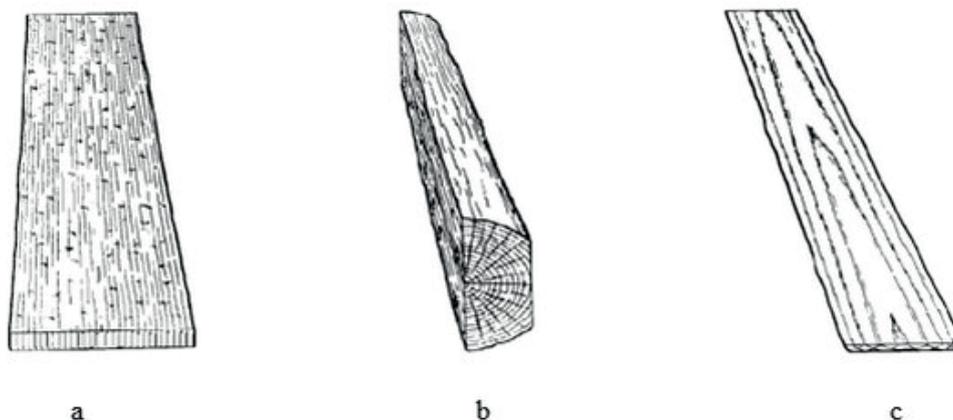


Figura 1. Madeira serrada: (a) prancha, (b) bloco e (c) tábua. Fonte: Wiedenhoeft (2010).

Figure 1. Sawn wood: (a) plank, (b) block and (c) board. Source: Wiedenhoeft (2010).

A falta do conhecimento das propriedades da madeira faz com que os seus produtos possam ser empregados erroneamente e, muitas vezes, causando prejuízos às indústrias (Latreille et al., 2018).

Para o melhor uso da madeira maciça, seja na forma roliça, serrada ou beneficiada, sugerem-se os tratamentos de secagem e preservação. Segundo Martins (1988), a secagem da madeira apresenta

benefícios como estabilidade dimensional, diminuição de manchas e apodrecimentos, redução do peso, maior trabalhabilidade e melhorias na resistência mecânica, adesão e fixação de pregos e parafusos. Em alternativa, a madeira tratada não possui o inconveniente de reparos e substituições frequentes de acordo com Jankowsky (1990), permitindo usar madeiras menos duráveis em ambientes mais severos.

A despeito de sua forma, o uso de madeira maciça na construção tem limitações comumente impostas por sua seção transversal e comprimento (Teixeira et al., 2014). Ainda bastante popular nos países desenvolvidos, a madeira serrada tem encontrado concorrência de produtos engenheirados

de madeira (Carvalho, 2008) obtidos pela colagem de resinas estruturais para obter vigas robustas para suprir grandes vãos e estruturas altas (Structural Timber Association, 2014). Assim, se desenvolveram muitos derivados estruturais e não-estruturais para a finalidade de matéria-prima industrial (Figura 2).

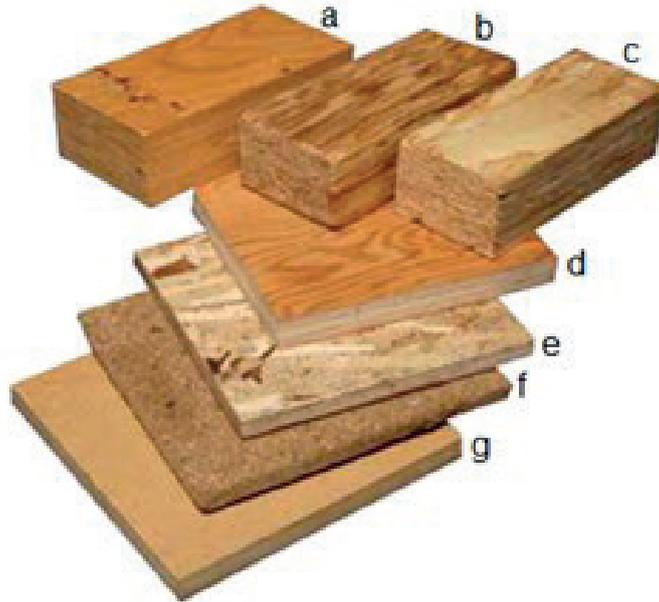


Figura 2. Derivados de madeira: (a) Peça Microlaminada - LVL, (b) Peça de Ripas Paralelas - PSL, (c) Peça de Flocos Microlaminados - LSL, (d) Compensado, (e) Pannel de Partículas Orientadas - OSB, (f) Pannel de Partículas de Média Densidade - MDP e (g) Pannel de Fibras de Média Densidade - MDF. Fonte: Stark et al. (2010).

Figure 2. Wood-based composites: (a) Laminated Veneer Lumber - LVL, (b) Parallel Strand Lumber - PSL, (c) Laminated Strand Lumber - LSL, (d) Plywood, (e) Oriented Strand Board - OSB, (f) Medium Density Particleboard - MDP, and (g) Medium Density Fiberboard - MDF. Source: Stark et al. (2010).

As chapas em madeira são identificadas de acordo com o arranjo do material lignocelulósico. Com isso, Gonçalves (2000) categorizou esses painéis em: partículas e flocos (WB, OSB, PB e MDP), fibras (HB ou HDF, IB e MDF) e lâminas (PW e BB). Tais siglas e aspectos estão definidos a seguir.

O *Waferboard* - WB é o pannel de flocos prensados a quente com resinas fenólicas. Segundo Gonçalves (2000) eram configuradas de três a cinco camadas alternadas. Com propriedades estruturais aceitáveis e baixa rigidez, a mesma foi desenvolvida, na década de 1950, a partir de flocos quadrados de 4

cm distribuídos de modo aleatório e não intencional (Shmulsky e Jones, 2011; Zerbe et al., 2015).

O *Oriented Strand Board* - OSB, ou chapa estrutural de lascas orientadas em camadas cruzadas, é feito com finas partículas de madeira coladas por uma resina com alta resistência à umidade (Stark et al., 2010). Desenvolvido como uma segunda geração do waferboard na década de 1980, a chapa OSB compartilha muitas das características de um compensado, contudo, possui um emprego mais eficiente (Shmulsky e Jones, 2011). Essa evolução proporcionou um pannel com, geralmente, três

camadas de partículas orientadas, cujas faces são alinhadas entre si e perpendiculares ao miolo (Stark et al., 2010). Frente ao compensado, o OSB se tornou o principal produto de madeira para a construção civil, já que oferece um desempenho estrutural similar a uma eficiência produtiva superior (Zerbe et al., 2015).

O *Particleboard* – PB, ou aglomerado, é o painel feito a partir de cavaco ou maravalha, cujas partículas são aglutinadas com resina sintética termofixa e consolidadas sob a ação de alta temperatura e pressão (Zenid, 2009). Cerca da metade da produção industrial de aglomerado é destinada ao uso moveleiro comercial ou habitacional, enquanto que um terço é consumido por fabricantes de gabinetes de cozinha ou de eletroeletrônicos, como televisores e aparelhos de som (Shmulsky e Jones, 2011). A aplicação construtiva do aglomerado é particularmente reduzida, com enfoque em pisos e decks para áreas não molhadas e não expostas ao tempo.

O *Medium Density Particleboard* – MDP, ou aglomerado de partículas de média densidade, é feito pela aglutinação de partículas com resinas, por meio da aplicação simultânea de temperatura e pressão (Zenid, 2009). No Brasil, o painel MDP se distingue de um aglomerado tradicional por utilizar madeiras de reflorestamento e processos contínuos de prensagem mais modernos que os cíclicos, o que confere melhores características mecânicas (Vidal e Hora, 2014).

O *Hardboard* – HB, ou chapa dura, é feito com fibras de madeira vindas do refino de cavacos (Fitton e Walford, 1998), exibindo uma face lisa e a outra corrugada (Zenid, 2009). A chapa dura pode ser manufaturada pelos processos seco ou úmido (Gonçalves, 2000). Também identificado como HDF (high density fiberboard), esse painel não possui uso construtivo estrutural como chapa de vedação.

O *Insulation Board* – IB, ou chapa isolante, consiste na chapa de baixa densidade não-estrutural a qual possui matéria-prima derivada da desfibrilação de cavacos de madeira em um refinador a vapor. Segundo Maloney (1996), esse painel se difere da chapa dura em virtude da ausência de um processo de prensagem a quente. Gonçalves (2000) especificou que a chapa isolante é obtida a partir de dois processos fabris (úmido ou seco), cujo método mais antigo e popular, úmido e sem compressão, é voltado para a utilização em divisórias e isolamento acústico.

O *Medium Density Fiberboard* – MDF, ou chapa de fibras de média densidade, é produzido a partir de fibras de madeira aglutinadas com resina sintética, as quais são consolidadas pela ação conjunta de temperatura e pressão (Zenid, 2009). A ureia-formaldeído ainda representa a resina mais dominante na produção desses painéis (Maloney, 1996). O seu processo produtivo inclui o cozimento das partículas, levando a maior grau de desagregação das fibras, bem como apresenta um maior consumo de madeira e resina por volume (Vidal e Hora, 2014). Segundo Gonçalves (2000), o MDF é um produto homogêneo, uniforme, estável, denso e de superfície lisa e plana, o que promove um bom desempenho em usinagens complexas.

O *Plywood* – PW, ou chapa compensada, é obtida pela colagem de lâminas geradas por uma faqueadeira ou torno desenrolador (Zenid, 2009). É fabricada pela laminação cruzada, na qual as lâminas de madeira são sobrepostas em camadas (3 a 5) com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes (Iwakiri et al., 2005). Esse painel estrutural é feito por lâminas coladas com resinas fenólicas sintéticas, duráveis para o uso em ambientes externos (Fitton e Walford, 1998). Nos Estados Unidos, o compensado rivaliza com o OSB (Maloney, 1996).

O *Blockboard* – BB, ou compensado sarrafeado, constituem na alternativa de aproveitamento de resíduos das serrarias, em geral descartados ou destinados para a energia (Iwakiri et al., 2005). Gonçalves (2000) assinalou que esses painéis são revestidos por chapa dura, o seu miolo é composto por pequenos sarrafos colados lateralmente.

A industrialização da madeira de reflorestamento em vigas engenheiradas surgiu como uma alternativa interessante para suprir a construção de casas e estruturas, pois adiciona valor econômico à matéria-prima em questão mediante práticas produtivas viáveis, racionalizadas e sustentáveis.

As vigas de madeira são peças sólidas de formatos cilíndricos ou retangulares, e em alguns casos até curvilíneos, utilizadas na construção civil para vencer estruturalmente os vãos livres. Dentre os tipos de vigas de madeira mais populares, Thallon (2008) listou: madeira serrada, madeira laminada colada, viga reforçada, LSL, OSL, LVL, PSL, viga caixão, viga “I” e viga “fitch”; cada exemplo está ilustrado na Figura 3 e será abordado a seguir.

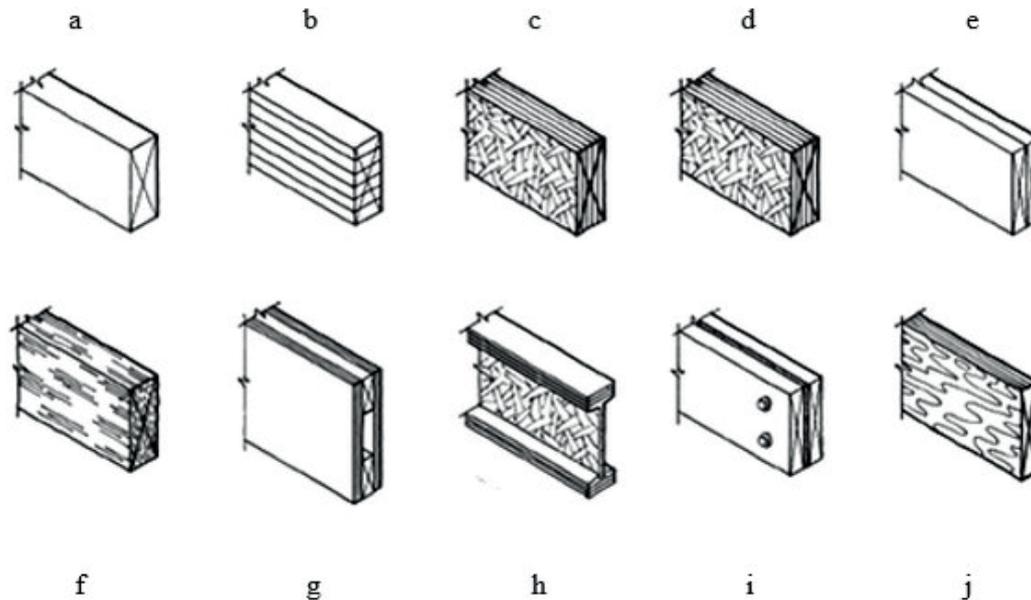


Figura 3. Vigas de Madeira: (a) Madeira Maciça Serrada, (b) Madeira Laminada Colada - MLC, (c) Peça de Flocos Microlaminados - LSL, (d) Peça de Flocos Orientados - OSL, (e) Viga Reforçada, (f) Peça Microlaminada - LVL, (g) Viga Caixão, (h) Viga “I”, (i) Viga “flitch” e (j) Peça de Flocos Microlaminados - PSL. Fonte: Thallon (2008).

Figure 3. Wooden Beams: (a) Massive Sawn Wood, (b) Glued-laminated Timber - Glulam, (c) Laminated Strand Lumber - LSL, (d) Oriented Strand Lumber - OSL, (e) Reinforced Wood Beam, (f) Laminated Veneer Lumber - LVL, (g) Box Beam, (h) “I” Joist, (i) “Flitch” Beam, and (j) Parallel Strand Lumber - PSL. Source: Thallon (2008).

A madeira serrada é resultado do beneficiamento de toras de madeira em blocos serrados em duas ou quatro faces. Apesar dos cortes nos dois topos da peça, o primeiro exemplo possui duas superfícies planas e duas arredondadas, se resumindo no modo mais simplificado. Já o segundo modelo possui um nível de usinagem completo, ou seja, em suas quatro faces.

A viga caixão é formada por duas vigotas separadas e revestidas por chapas de compensado externas, pregadas e coladas, formando uma caixa oca (Thallon, 2008). Essa formação confere um elemento leve, oco e com certa resistência para aplicações sem grandes cargas estruturais.

A Madeira Laminada Colada – MLC, ou Glulam (*Glued Laminated Timber*) é formada por três ou mais camadas de tábuas (lamelas) de madeira coladas em conjunto com as grãos orientadas de modo paralelo (Hoadley, 2000), ao

eixo longitudinal da peça, permitindo formas retas ou curvas (Cai, 2012). Possui camadas de tábuas com dimensões precisas, coladas por resinas à base de formaldeído em gabaritos (Lyons, 2010), e unidas por encaixes em suas extremidades para produzir elementos longos. Furtado e Terezo (2014) sugerem que tais vigas surgem como novas tendências para a construção.

O *Laminated Strand Lumber* - LSL representa a versão linear do OSB, com partículas alinhadas em paralelo ao comprimento da peça (Hoadley, 2000), as quais são alongadas e apresentam ao redor de 300 milímetros de comprimento, sendo levemente maiores que as partículas do OSB (Cai, 2012). Zhang e Lu (2014) enfatizam que o uso do LSL como um composto de madeira estrutural tem conquistado notória aceitação em construções leves comerciais e residenciais.

O *Oriented Strand Lumber* - OSL é uma viga formada por flocos compridos ou maravalhas de cerca de 300 mm (Gonçalves, 2000). Esses particulados são prensados em uma prensa injetora de vapor, produzindo uma densidade uniforme ao longo de toda a peça (Maloney, 1996).

A viga reforçada remete àquelas tábuas pregadas ou parafusadas formando uma viga única de madeira (Thallon, 2008). O seu foco é produzir um maciço de tábuas com maior resistência e melhor estabilidade do que um bloco tradicional de madeira, por conta de seu menor índice de defeitos, como rachaduras, nós, bolsas de resina etc.

O *Laminated Veneer Lumber* - LVL é composto por lâminas dispostas paralelamente em relação às fibras para um emprego predominantemente estrutural (Carvalho, 2008). Apesar do uso estrutural, o LVL à base de colas fenólicas ou uretanas pode ser aplicado em móveis robustos (Maloney, 1996).

A viga “*fitch*” é capaz de vencer grandes vãos, pois é composta por uma chapa de aço que é revestida entre duas tábuas de madeira, unidas pelo parafusamento de todo o conjunto (Destefano e McDonald, 1997); esse dispositivo é utilizado para melhorar o desempenho estrutural das vigas de tábuas maciças convencionais.

Formada por flanges e uma alma central, a viga mista tipo “I” representa um compósito misto. Leichti et al. (1990) apontaram que a composição dessas vigas “I” inclui a madeira serrada (ou LVL) e compensado (ou OSB). Segundo Fitton e Walford (1998), a alma dessas vigas pode também ser feita por chapas duras. Derivadas das vigas de aço de formato similar, Hoadley (2000) realçou que o material adicional nos flanges é crucial para resistir ao estresse axial, contudo, a sua conexão, pela alma central, auxilia no suporte às tensões de cisalhamento.

O *Parallel Strand Lumber* - PSL é composto de ripas finas orientadas, em geral de resíduos da laminação de coníferas (Gonçalves, 2000). Segundo Hoadley (2000), as ripas são pulverizadas com resina à prova d’água e levadas para uma prensa contínua, onde o adesivo é curado por micro-ondas. Cai (2012) aponta que a menor dimensão de uma partícula não deve ser superior a 6,4 milímetros e o seu comprimento deve ser ao menos 150 vezes a dimensão menor.

A partir dos conceitos da madeira laminada colada, outros compósitos estruturais modernos foram desenvolvidos e se encontram em franca popularização por conta do uso de elementos serrados. Destacam-se os painéis produzidos por serrados colados tanto lateralmente quanto ortogonalmente.

O *Edge Glued Panel* – EGP, ou painel de sarrafos colados lateralmente, foi concebido com uma resistência estrutural razoável para suprir fins relacionados à marcenaria e carpintaria não-estrutural. Colados sobre pressão, Nicholls (2010) definiu que esses painéis são formados por sarrafos estreitos padronizados. O uso da madeira serrada permitiu uma colagem eficiente entre as bordas laterais desses elementos, embora também possam apresentar uniões de topo entre peças menores reaproveitadas de materiais de qualidade inferior (Calil Neto et al., 2016; Kutnar e Muthu, 2016). Contudo, essas uniões por arestas planas ortogonais limita a resistência mecânica na construção civil (Calil Neto et al., 2016).

Assim, um painel estruturalmente mais robusto foi gerado a partir dessa solução, caracterizado por sua flexibilidade na disposição em chapas e vigas. Esse derivado de madeira constituiu na Madeira Laminada Colada Cruzada - MLCC ou *Cross Laminated Timber* - CLT. Gagnon e Pirvu (2011) definiram-no como um painel de tábuas de madeira empilhadas ortogonalmente e coladas umas às outras em suas faces mais largas (Figura 4). Crespell e Gaston (2011) sugeriram que, devido a montagem rápida, a modulação construtiva desse painel pode ser adequada para substituir o aço, o concreto e a alvenaria.

Outro produto compósito constitui nas placas cimentícias, as quais apresentam boa resistência mecânica e hidro-ignífuga, a partir de um composto de cimento e partículas e/ou fibras celulósicas. As placas cimentícias são produzidas por meio de uma mistura de cimento *Portland*, fibras de celulose ou sintéticas e agregados (Craсто, 2005), cujo agente aglutinante é representado pelo gesso ou cimento (Maloney, 1993). A proporção de particulados finos de madeira pode alcançar até 63,5% (Nennewitz et al., 2008). Esses painéis possuem boa resistência a intempéries e insetos e permitem ser serrados, usinados, furados por brocas metálicas e, também, travados por parafusos (Villas-Bôas et al., 2017).

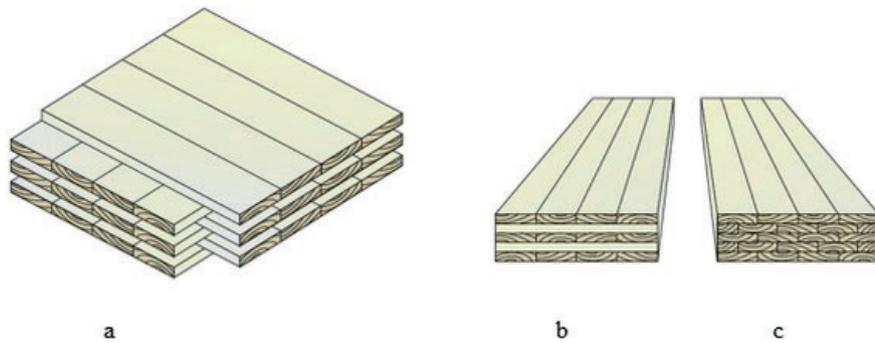


Figura 4. Madeira Laminada Colada Cruzada: (a) Painéis e comparativo entre as vigas de (b) CLT com camadas ortogonais e (c) MLC com camadas paralelas. Fonte: Gagnon e Pirvu (2011).

Figure 4. Cross-laminated Timber: (a) Panels, and a comparison between beams of (b) CLT with orthogonal layers, and (c) Glulam with parallel layers. Source: Gagnon e Pirvu (2011).

Diante das grandes vantagens econômicas e ambientais, o uso da madeira e derivados surge como uma solução possível e viável, demandando mais pesquisas para a sua difusão e consolidação mercadológica. Portanto, o presente estudo tem como propósito a realização de um levantamento dos principais tipos encontrados de madeiras destinadas à produção de habitações em madeira, indicando o porcentual para cada matéria-prima à base de madeira em uso pelos produtores dessas casas no Brasil.

As hipóteses formuladas consideram que: há um uso visível dos derivados lignocelulósicos no Brasil por parte do setor produtivo de casas de madeira, entretanto, esse estágio ainda não é percebido no escopo daqueles derivados não-estruturais; e, apesar da maior mecanização no processamento e no tratamento da madeira bruta em pleno Século XXI, a madeira verde, ou úmida, ainda se traduz em um insumo com perceptível utilização pelas empresas estudadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em razão da não existência de uma associação ou entidade de classe dos produtores de casas de madeira no Brasil, dados setoriais e a população exata desses produtores não se faziam presentes na literatura. Diante dessa escassez, surgiu a necessidade da condução de um amplo estudo acerca da realidade do setor produtivo de casas de madeira, o qual gerou diversos eixos

analisados neste artigo e em outras abordagens. Por conta da grande quantidade de informações requisitadas, esse amplo estudo abordou a condução de um diagnóstico setorial realizado por entrevistas face-a-face, individuais e aleatórias, aplicadas junto aos proprietários dessas empresas avaliadas. O estudo foi iniciado mediante buscas em websites corporativos disponíveis na internet desses produtores. Isso permitiu estimar a população setorial. Essa estratégia foi utilizada igualmente em De Araujo et al. (2018a,b,c, 2019).

A avaliação se deu por meio de um formulário padrão, aplicado a uma amostra representativa e aleatória dessa população setorial supracitada. O formulário foi desenvolvido com o auxílio de profissionais das áreas acadêmica e corporativa, visando o refinamento do mesmo. Dois pré-testes foram realizados com pequenas amostras das empresas listadas na etapa de estimativa populacional, com o fim de validar o processo e obter um primeiro norteamento do estudo e seus achados. A terceira versão do formulário foi desenvolvida e validada para o início dessa pesquisa. A coleta de dados nas entrevistas pessoais com os produtores amostrados foi conduzida unicamente por um entrevistador em todo o processo, eliminando a possibilidade de erros nessa fase. Esse processo ocorreu identicamente em outras abordagens de enfoque distinto como, por exemplo, em De Araujo et al. (2018a,b,c, 2019).

Um dos eixos abordados nessa ampla pesquisa setorial referiu-se na análise apresentada neste artigo, a qual tratou, especificamente, sobre as matérias-primas à base de madeira em utilização pelos produtores brasileiros de casas de madeira. Portanto, para dimensionar essa utilização dos materiais madeireiros estruturais na construção, a seguinte questão do formulário completo foi considerada neste artigo: “Quais os tipos de madeira e ou dos derivados de madeira utilizados por sua empresa?”.

Essa questão possuiu enfoque qualitativo mediante múltiplas respostas: Tora seca e tratada; Tora úmida; Madeira Maciça Tratada (Tábua e Bloco); Madeira Maciça Beneficiada (Perfis Usinados); Madeira Maciça Verde (Tábua e Bloco); Madeira Maciça Seca (Tábua e Bloco); Madeira Maciça Seca e Aparelhada (Tábua e Bloco); Viga Reforçada Engenheirada; Viga Mista “I”; Chapa de Fibrocimento; Madeira Laminada Colada Cruzada - CLT; Madeira Laminada Colada - MLC; Madeira Microlaminada - LVL; Compensados e Painel de Partículas Orientadas - OSB. Sendo assim, somente aqueles produtos estruturais e disponíveis no Brasil foram contabilizados.

Os dados coletados junto aos empresários foram convertidos para valores percentuais, visando mensurar a margem de erro, cujo cálculo foi obtido junto ao software online de amostragem estatística *Raosoft Sample Size Calculator* (Raosoft, 2004), a um grau de confiança e uma distribuição resposta

de 95% e 50%, respectivamente. Essa margem de erro foi indicada e discutida a seguir, na seção dos resultados, com base nas prescrições da literatura para estudos setoriais, visando validar a pesquisa. Essa estratégia foi similarmente utilizada em De Araujo et al. (2018a,b,c, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a conclusão da estimativa da população brasileira dos produtores de casas de madeira, uma amostragem foi delineada para mensurar a utilização dos tipos de madeira e seus derivados por parte desse setor produtivo (Tabela 1).

A amostragem realizada analisou 107 dos 210 produtores de casas de madeira (Tabela 1), o que proporcionou uma consideração de 50,95% da população geral estimada desse setor brasileiro. A quantidade amostrada se localizou em três das cinco regiões territoriais do país. Essa macrorregião foi representada pela tríade Sudeste/Sul/Centro-Oeste, a qual compreendeu 98,10% do total populacional estimado para esse setor produtivo nacional.

A Tabela 1 demonstrou a população total do setor e a amostragem contemplada nesta pesquisa com a sua respectiva margem de erro. Mediante a amostra estudada, essa margem de erro foi aferida, o que retratou, a partir de um comparativo com as prescrições de Pinheiro et al. (2011), se situar em um ponto abaixo do nível aceitável de 10% e sensivelmente próximo ao nível ideal de 5%.

Tabela 1. População dos produtores de casas de madeira no Brasil: estimativa geral e amostragem.

Table 1. Timber house producers in Brazil: general estimation and sampling.

Resultados	Quantidade (Companias)	Margem de erro (%)
Estimativa Geral da População Setorial*	210	–
Amostra Obtida nas Entrevistas*	107	6,65 (±3,325)
Prescrição aceitável**	66	10% (±5,0)
Prescrição ideal**	136	5% (±2,5)

* valores desta abordagem e De Araujo et al. (2018a,b,c, 2019); ** valores prescritos por Pinheiro et al. (2011).

No âmbito do questionamento sobre os tipos de matérias-primas madeireiras em oferta nos produtores de casas de madeira no Brasil, o perfil de resposta das empresas avaliadas expressou um

panorama definido para o uso de materiais com um propósito especificamente estrutural, isto é, concentrado na madeira serrada e nos derivados de madeira estruturais (Figura 5).

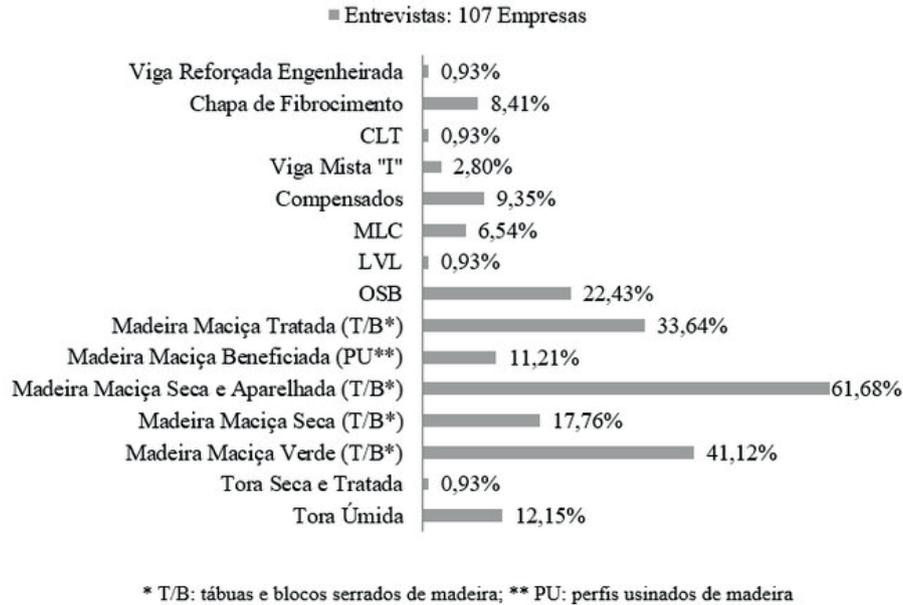


Figura 5. Tipos de matérias-primas madeireiras utilizadas pelo setor produtivo brasileiro de casas de madeira.

Figure 5. Types of wood-based raw materials used by the Brazilian production sector of timber houses.

Nas suas cinco variações (verde, seca, tratada, beneficiada e seca e aparelhada), a Madeira Maciça Serrada, em blocos ou tábuas, demonstrou ter uma maior popularidade no setor de casas de madeira (Figura 5). Nesse contexto, a Madeira Maciça Seca e Aparelhada indicou ser o material madeireiro com maior uso, sendo presente em ao menos 3/5 das empresas avaliadas. Essa variedade com maior nível de beneficiamento possui maior presença devido às possibilidades de padronização dimensional e do teor de umidade, em comparação àquelas variantes de menor processamento. O processo de secagem da madeira torna-a, de acordo com Martins (1988) e Jankowsky (1990), “mais eficiente, estável e resistente para a construção”. O procedimento de alisamento para a retirada das imperfeições e dos defeitos superficiais gera uma matéria-prima com maior qualidade para a adesão, fixação e encaixe de peças estruturais. A melhoria dessas três condições básicas confere uma maior qualidade da edificação, por exemplo, para um melhor encaixe entre os blocos da parede das casas de toras ou para uma interface “esqueleto-painel” mais precisa nas habitações em entramado leve.

A Madeira Maciça Verde, caracterizada por ser uma matéria-prima bruta e grosseira, ainda é

bastante consumida nesse setor, alcançando o segundo lugar em popularidade, com mais de 2/5 do público amostrado (Figura 5). Muito comum nas técnicas construtivas de casa de tábua e mata-junta, casa de tábuas horizontais empilhadas com macho-e-fêmea e casa de tábuas pregadas (verticais e horizontais) conforme sugeriram De Araujo et al. (2019), esse material é altamente consumido por sua maior facilidade de usinagem e menor custo de aquisição. Portanto, muitas das empresas avaliadas optam por beneficiar tal material em suas plantas fabris, secar em alguns casos e enviar a madeira já pronta para um ajuste fino e montagem da habitação no canteiro de obras. Com isso, essas empresas obtêm um menor gasto com processos de secagem controlada em estufa dessa madeira maciça verde, cuja secagem é realizada, na maior parte das vezes, ao ar livre. Geralmente, esse material é seco ao longo das etapas produtivas como, por exemplo, beneficiamento, estocagem, transporte e montagem das peças ainda verdes. No caso das casas de tábuas horizontais com macho-e-fêmea, Casema (1988) indicou que essa secagem das peças auto encaixáveis de madeira nativa verde também ocorre ao longo da montagem e da ocupação da moradia.

Usualmente oriunda de espécies exóticas, a madeira maciça tratada possui processamento, enquanto verde (ou úmida), que inclui as etapas de beneficiamento fabril e preservação, com a finalidade do emprego estrutural em ambientes externos. Esse exemplo atingiu o terceiro maior uso nesse setor, alcançando um público empresarial superior a 1/3 (Figura 5). Essa oferta mais evidente é justificada por suas vantagens de maior durabilidade em aplicações mais severas como a agrícola e a construtiva conforme sugeriu Jankowsky (1990).

Outras duas categorias de matérias-primas secas, a madeira maciça seca e a madeira maciça beneficiada também tiveram consumos perceptíveis, alcançando perto de 18% e 11% das empresas, respectivamente (Figura 5). A madeira maciça seca possui um caráter mais grosseiro do ponto de vista superficial, sendo direcionada para as empresas que pretendem usinar e beneficiar integralmente seus elementos construtivos estruturais em plantas industriais próprias. Por outro lado, a madeira maciça beneficiada se relaciona com as empresas que demandam perfis usinados para a produção de casas de madeira integralmente pré-fabricadas, isto é, focadas na operação de montagem em canteiros de obras.

No que diz respeito ao uso de toras (madeira roliça maciça), a amostragem revelou que cerca de 1/8 dessas empresas avaliadas demandam toras úmidas (verde), visto que menos de 1% consome toras tratadas quimicamente em processos de preservação (Figura 5). Apesar do uso direcionado para as técnicas construtivas de *log-home*, pilar-viga e do tipo paliteiro conforme indicaram De Araujo et al. (2019), esses materiais também acusam certa popularidade. No caso das toras verdes, essa oferta se baseia na utilização de espécies nativas, mais resistentes, enquanto que as toras tratadas consomem, em especial, as espécies exóticas. De modo geral, esse menor consumo de toras de madeira implica que o setor produtivo de casas de madeira estudado é dependente das serrarias, em particular as voltadas para o primeiro desdobro, devido a maior utilização de materiais serrados (Figura 5).

O painel de OSB consistiu no principal derivado de madeira em oferta pelas empresas produtoras de casas de madeira no Brasil, superando a presença em 1/5 das empresas (Figura 6). Esse alto índice é resultado da utilização do mesmo nas variedades da técnica construtiva de *woodframe* (balão, plataforma, misto e

modular), conforme salientaram De Araujo et al. (2016, 2019). A maior popularidade desse painel estrutural à base de madeira induz que “o mercado de casas de madeira está se voltando para tecnologias construtivas mais modernas”, tal como já previu De Araujo et al. (2016).

Outro painel de vedação estrutural, o compensado, se situou como o segundo derivado mais popular, com um emprego em quase 1/10 da amostra avaliada (Figura 5). Similar ao OSB, o painel compensado é aplicado como vedação em *woodframes*. Essa aptidão posiciona-o como um substituto direto do OSB, em condições de escassez e disponibilidade, ou ainda, de um preço mais elevado por parte do painel de lascas orientadas em relação ao compensado. As chapas de fibrocimento alcançaram o terceiro posto de maior utilização, dentre os painéis derivados estruturais, para esse setor estudado. Essas chapas de fibras celulósicas minerais são aplicadas, usualmente, em vedações de áreas molhadas – banheiros, lavabos, lavanderias e cozinhas – de algumas técnicas de construção em madeira.

A Madeira Laminada Colada - MLC e as vigas “I” se fazem presentes em 7 e 3% das empresas, respectivamente. Nesse caso, essas duas soluções estruturais para o sustento das casas consistiram nas vigas derivadas de madeira com maior emprego no setor. As vigas reforçadas e as de LVL indicaram uma concentração pontual na amostra realizada, alcançando menos de 1% cada (Figura 5). Uma empresa indicou utilizar a Madeira Laminada Colada Cruzada - CLT (Figura 5).

O aumento do uso da Madeira Laminada Colada poderia ser estimulado a partir de propostas de certificação desse material no âmbito brasileiro, como fora proposto por Furtado e Terezo (2014), para o estabelecimento de padrões, o cumprimento das normas e a obtenção de subsídios industriais com o intuito de ampliar, nacionalmente, a produção e o consumo dessa matéria-prima derivada.

Alguns dos derivados de madeira estruturais não foram declarados em uso, pelas empresas avaliadas, na construção das casas de madeira no Brasil (Figura 5): PSL, OSL, LSL, viga *flitch*, viga tipo caixão e compensado sarrafeado. Por outro lado, nenhum derivado de madeira com fins não-estruturais foi declarado em uso nessa amostragem como, por exemplo, MDP, EGP, MDF, chapa dura, painel isolante, *wafersboard* e aglomerado.

Assim, um cenário mercadológico promissor se faz presente no Brasil, pois muitos desses compósitos à base de madeira existentes no mundo ainda não têm sido consumidos pelos produtores de casas de madeira, diferentemente de muitos países desenvolvidos, o que favorece na futura inserção e exploração comercial junto a esse e outros grupos setoriais.

4 CONCLUSÕES

As empresas produtoras de casas de madeira no Brasil declararam utilizar exclusivamente matérias-primas madeireiras estruturais, incluindo, a madeira maciça serrada estrutural e os derivados de madeira, isto é, esse público amostrado acenou não utilizar quaisquer derivados não-estruturais.

A Madeira Maciça Serrada apresentou uma maior popularidade dentre todos os materiais declarados, com um maior uso para a variedade de madeira maciça beneficiada, cuja característica envolve um maior beneficiamento industrial e, conseqüentemente, um maior valor agregado. Outras quatro variedades de madeira sólida serrada também apontaram usos perceptíveis.

A segunda opção mais usual foi aquela com menor índice de industrialização, isto é, a Madeira Maciça Verde, cuja característica mais grosseira desse material é resultado da ausência dos processos de secagem e beneficiamento. O seu uso intenso se relaciona com um menor custo de aquisição e uma maior facilidade da usinagem, fatores próprios para aquelas empresas que desejam manufaturar esse material em pré-fabricados de baixo custo, embora com qualidade inferior e instabilidade dimensional, ou então, para as empresas que possuem linhas de secagem e beneficiamento em planta fabril.

Dentre os derivados de madeira estruturais mais populares no setor brasileiro de habitações em madeira, o Painel de Partículas Orientadas - OSB e o compensado foram as duas principais fontes de matéria-prima madeireira em uso na categoria de chapas de vedação. Em relação ao segmento das vigas, a Madeira Laminada Colada - MLC e as vigas "I" foram os derivados lineares mais populares.

Isso posto, as duas hipóteses listadas foram confirmadas no levantamento setorial realizado. O Brasil já concentra uma utilização perceptível dos compósitos à base de madeira, apesar de sua menor

popularidade na construção civil, especialmente, acerca dos derivados não-estruturais. Por sua vez, a madeira maciça verde ainda se apresenta como um insumo bastante popular, apesar de sua rusticidade, mesmo em um período de desenvolvimento tecnológico da madeira mais avançado, inclusive no país. Tais condições sugerem um estágio bastante promissor para o consumo e a produção desses insumos. Os resultados poderão auxiliar no melhor entendimento do uso das matérias-primas à base de madeira e suas relações com o setor produtivo brasileiro de casas de madeira, bem como balizar pesquisas a partir das efetivas potencialidades de mercado apresentadas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAI, Z. Wood composite laminates. In: NICOLAIS, L.; BORZACCHIELLO, A. (Eds.). **Wiley encyclopaedia of composites**. 2. ed., Hoboken, EUA: John Wiley & Sons, 2012. v. 5. p. 3204-3211.

CALIL NETO, C. et al. Edge glued panels grading through transversal vibration testing. **International Journal of Materials Engineering**, v. 6, n. 3, p. 97-102, 2016.

CARVALHO, A.M. Caracterização de painéis LVL obtidos da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* do Estado de São Paulo. In: LAHR, F.A.R. (Ed.). **Produtos derivados da madeira**. 1 ed., São Carlos, SP: EESC-USP, 2008. p. 1-28.

CASEMA. **Manual de montagem**. Bom Jesus dos Perdões, SP: Casema, 1998. 47p.

CRASTO, R.C.M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

CRESPELL, P.; GASTON, C. **The value proposition for cross-laminated timber**. Québec, CA: FPInnovations, 2011. 21p.

DE ARAUJO, V.A. et al. Woodframe: light framing houses for developing countries. **Revista de la Construcción**, v. 15, n. 2, p. 78-87, 2016.

- DE ARAUJO, V.A. et al. Machinery from Brazilian wooden housing production: size and overall obsolescence. **BioResources**, v. 13, n. 4, p. 8775-8786, 2018a.
- _____. et al. Economic and labor sizes from the Brazilian timber housing production sector. **Acta Silvatica et Lignaria Hungarica**, v. 14, n. 2, p. 95-106, 2018b.
- _____. et al. Difficulties of wooden housing production sector in Brazil. **Wood Material Science & Engineering**, p. 1-10, 2018c.
- _____. et al. Disponibilidade de las técnicas constructivas de habitación en madera, en Brasil. **Revista de Arquitectura**, v. 21, n. 1, p. 68-75, 2019.
- DESTEFANO, J.; MACDONALD, J. **Design guides for flitch plate beams and lally columns**. Connecticut, EUA: Structural Engineers Coalition, 1997. 9p.
- FITTON, M.; WALFORD, B. Hardboard webbed wood I-beams. **NZ Timber Design Journal**, v. 7, n. 3, p. 3-14, 1998.
- FURTADO, F.R.C.; TEREZO, R.F. Proposta de certificação de produtos em madeira laminada colada. **Revista do Instituto Florestal**, v. 26, n. 1, p. 117-125, 2014.
- GAGNON, S.; PIRVU, C. **CLT handbook: cross-laminated timber**. Québec, CA: FPInnovations, 2011. 594p.
- GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da madeira**. Bauru, SP: DCX/USC, 2000. 245p.
- HOADLEY, R.B. **Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology**. Newtown, USA: Taunton Press, 2000. p. 1-280.
- IWAKIRI, S.; KEINERT Jr., S.; MENDES, L.M. Painéis de madeira compensada. In: IWAKIRI, S. (Ed.). **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba, PR: FUPEF, 2005. p. 87-122.
- JANKOWSKY, I.P. Fundamentos de preservação de madeiras. **Documentos Florestais**, n. 11, p. 1-12, 1990.
- KUTNAR, A.; MUTHU, S.S. **Environmental impacts of traditional and innovative forest-based bioproducts**. Berlim: Springer, 2016. 248 p.
- LATREILLE, A.J. et al. Propriedades físico-mecânicas em madeira de *Dypterix alata*, *Astronium graveolens*, *Bowdicha virilioides* e *Eucalyptus grandis*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 30, n. 2, p. 143-150, 2018.
- LEICHTI, R.J.; FALK, R.H.; LAUFENBERG, T.L. Prefabricated wood composite I-beams: a literature review. **Wood and Fiber Science**, v. 2, n. 1, p. 62-79, 1990.
- LYONS, A. **Materials for architects & builders**. 4 ed. Oxford, UK: Elsevier, 2010. 420p.
- MALONEY, T.M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. Madison, EUA: FPL, 1993. 681p.
- _____. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**, v. 46, n. 2, p. 19-26, 1996.
- MARTINS, V.A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília, DF: IBDF/DPq-LPF, 1988. 52p.
- NENNEWITZ, I. et al. **Manual de tecnologia da madeira**. 2. ed., São Paulo, SP: Editora Blucher, 2008. 354p.
- NICHOLLS, D. Alaska birch for edge-glued panel production – considerations for wood products manufacturers. **General Technical Report**, 820, p. 1-25, 2010.
- PINHEIRO, R.M. et al. **Pesquisa de Mercado**. Rio de Janeiro, RJ: Editora FGV, 2011. 154p.
- RAOSOFT. **Raosoft Sample Size Calculator**. Seattle, USA: Raosoft, 2004. Disponível em: <<http://www.raosoft.com/samplesize.html>>. Acesso em: 12 jun. 2020.
- SHMULSKY, R.; JONES, P. **Forest products & wood science: an introduction**, 6 ed. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2011. 477p.

STARK, N.M.; CAI, Z.; CARLL, C. Wood-based composite materials: panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber, and wood-nonwood composite materials. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Centennial Edition, Madison, EUA: FPL, 2010. p. 1-28.

STRUCTURAL TIMBER ASSOCIATION. Engineered wood products and an introduction to timber structural systems. **Engineering Bulletin**, v. 2, p. 1-7, 2014. Disponível em: <<http://www.structuraltimber.co.uk/assets/InformationCentre/timberframeeb2.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

TEIXEIRA, D.E.; MELO, J.E.; ANACLETO, J.E. Testing quality of compression bonding to shearing on six brazilian hardwood species. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 393-401, 2014.

THALLON, R., **Graphic guide to frame construction**. 3 ed. Newtown, EUA: Taunton Press, 2008. 258p.

VIDAL, A.C.F.; HORA, A.B. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, n. 40, p. 323-384, 2014.

VILLAS-BÔAS, B.T. et al. Avaliação dos efeitos de diferentes dosagens de água/cal na resistência à compressão axial de compósitos de madeira-cimento. **Revista Matéria**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2017.

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Centennial Edition, Madison, USA: FPL, 2010. p. 1-18.

ZENID, G.J. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. ed., São Paulo, SP: IPT, 2009. 103p.

ZERBE, J.I.; CAI, Z.; HARPOLE, G.B. An Evolutionary History of Oriented Strandboard (OSB). **General Technical Report**, 236, p. 1-6, 2015.

ZHANG, H.; LU, X. Modeling of the elastic properties of laminated strand lumber. **Wood Research**, v. 59, n. 1, p. 1-10, 2014.

PLASTICIDADE FENOTÍPICA EM FOLHAS DE *Eucalyptus dunnii* Maiden E *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO¹

FENOTYPIC PLASTICITY IN LEAVES OF *Eucalyptus dunnii* Maiden AND *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage UNDER DIFFERENT SHADING LEVELS

Aline BIREAHLS²; Paulo Cesar Poeta FERMINO JUNIOR^{2,3}

RESUMO - *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage são espécies de interesse madeireiro cultivadas no Sul do Brasil, adaptadas ao clima frio. O crescimento inicial de plantas jovens é influenciado pela luminosidade promovendo modificações na morfoanatomia e fisiologia da folha. O objetivo do trabalho foi avaliar as modificações morfofisiológicas de folhas de plantas jovens de *E. dunnii* e *E. benthamii* desenvolvidas sob diferentes intensidades luminosas em viveiro, na Mesorregião Serrana de Santa Catarina/Brasil. Folhas de plantas jovens cultivadas por seis meses desenvolvidas em diferentes intensidades luminosas (0%, 50% e 80% de sombreamento) foram avaliadas em secções paradérmicas e transversais em microscopia de luz. Os caracteres anatômicos com maior variação em relação aos diferentes níveis de sombreamento em *E. dunnii* foram na epiderme (cutícula, estômatos, células epidérmicas ordinárias), enquanto em *E. benthamii* foram na epiderme e no mesofilo. A plasticidade fenotípica em folhas de *E. dunnii* e de *E. benthamii* indicaram os caracteres relacionados ao sistema de revestimento (cutícula e estômatos) como os de maior expressividade em relação aos caracteres do sistema fundamental (parênquima paliçádico e esponjoso). As folhas de *E. dunnii* e *E. benthamii* apresentam estratégias adaptativas distintas com relação a plasticidade de caracteres morfofisiológicos.

Palavras-chave: Luminosidade; Aclimação; Anatomia de folha.

ABSTRACT - *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage are species of timber interest cultivated in southern Brazil, adapted to the cold climate. Initial growth of young plants is influenced by the luminosity promoting modifications in leaf morphoanatomy and physiology. The objective of this work was to evaluate the morphophysiological changes from young plants leaves of *E. dunnii* and *E. benthamii* grown under different luminous intensities in nursery, in the Southern Mesoregion of Santa Catarina, Brazil. Leaves of young plants cultivated for six months developed in different light intensities (0%, 50% and 80% of shading) were evaluated in paradermic and transverse sections under light microscopy. Anatomical characters with greater variation in the different levels of shading in *E. dunnii* were in the epidermis (cuticle, stomata, ordinary epidermal cells), whereas in *E. benthamii* they were in the epidermis and mesophyll. The phenotypic plasticity in leaves of *E. dunnii* and *E. benthamii* indicated the characteristics related to the coating system (cuticle and stomata) as the most expressive in relation to the characteristics of the fundamental system (palisade and spongy parenchyma). The leaves of *E. dunnii* and *E. benthamii* present different adaptive strategies regarding the plasticity of morphophysiological characters.

Keywords: Luminosity; Acclimation; Leaf Anatomy.

¹ Recebido para análise em 03.05.2020. Aceito para publicação em 31.07.2020.

² Programa de Pós-graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Ulysses Gaboardi, Km 3, Campus de Curitibanos, 89520 000, Curitibanos, SC, Brasil.

³ Autor para correspondência: Paulo Cesar Poeta Fermينو Junior - paulo.fermino@ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus*, pertencente à família Myrtaceae, é de grande importância para o Brasil, sendo cultivado em várias regiões do país para múltiplas finalidades, tais como a produção de celulose e carvão, laminação, mourões e madeira serrada (Resende et al., 2011). O Brasil possui a maior coleção ex-situ de germoplasma de eucaliptos do mundo e possibilitou aumentos expressivos na produtividade quantitativa e qualitativa das florestas cultivadas (Pinto-Junior et al., 2011).

Diversas espécies de eucalipto se adaptaram a variados tipos de solos e clima, sendo as florestas desse gênero muito produtivas devido a seu ciclo de curto e rápido crescimento, garantindo retorno econômico. Em regiões onde há ocorrência de geadas fortes o estabelecimento e a adaptação de espécies de *Eucalyptus* ficam comprometidos. Nessa situação, período de cinco dias de geada pode causar danos severos, desde a queda das folhas, morte dos meristemas apicais ou até a morte dos indivíduos pelo frio intenso (Pitz Floriani et al., 2013). As espécies *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage são alternativas para plantios florestais, nestes locais devido a sua tolerância e resistência às geadas.

A produção de mudas a partir de sementes em ambientes de viveiros é um método comum e viável para propagação de espécies florestais (Pacheco et al., 2006). A radiação solar é um fator relevante na produção de mudas bem como no estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas jovens em florestas tropicais influenciando na morfologia e fisiologia dos vegetais. O sombreamento artificial em viveiros, com telas de polietileno proporciona diferentes níveis de passagem de luz, auxiliando no crescimento das mudas de espécies florestais. As espécies arbóreas têm padrões de respostas morfofisiológicas em relação à luminosidade (Ribeiro et al., 2020). Alterações na intensidade luminosa que determinada espécie está adaptada proporcionam respostas fisiológicas, bioquímicas e anatômicas diferentes as quais ocorrem devido à absorção de luz, através de fotorreceptores específicos (Carvalho et al., 2006).

A maioria das plantas desenvolve mecanismos para se adaptar aos ambientes aos quais estão se desenvolvendo, sobretudo no que diz respeito às mudanças na temperatura e luminosidade (Casal

e Questa, 2018). Essa capacidade de adaptação é devido à sua flexibilidade de fenótipos, denominada de plasticidade fenotípica (Valladares et al., 2006). Os ajustes podem ser morfológicos, anatômicos e fisiológicos, promovendo variação conforme a exposição à radiação e as características de cada espécie (Kelly et al., 2009). Plantas jovens são mais plásticas em relação às plantas adultas, sendo relevante para o estabelecimento da espécie em um ambiente (Valladares et al., 2006). As florestas tropicais com ampla variedade de ambientes luminosos proporcionam um contexto ideal para testar a hipótese de especialização e plasticidade, bem como explorar o papel evolutivo da plasticidade fenotípica nos vegetais (Valladares et al., 2000). A importância fundamental de conhecer a plasticidade fenotípica de uma espécie está relacionada com a capacidade de a planta responder às mudanças climáticas globais (Rehfeldt et al., 2001), bem como prever práticas do seu manejo e interações com outras espécies (Callaway et al., 2003).

As folhas são os órgãos das plantas responsáveis em absorver a luz sendo possível observar alterações em suas características em vários níveis, tais como alterações nos seus pigmentos responsáveis pela fotossíntese, área foliar, massa fresca, e na sua anatomia foliar. Na literatura existem diversos relatos de variação na densidade estomática, dimensões dos estômatos, espessura da cutícula, da epiderme, do parênquima paliçádico e esponjoso com relação aos diferentes níveis de sombreamento (Aragão et al., 2014; Novelli et al., 2015; Fermino Junior e Fockink, 2017).

O objetivo do trabalho foi analisar as modificações morfofisiológicas em folhas de plantas jovens de *E. dunnii* e *E. benthamii*, cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro na Mesorregião Serrana de Santa Catarina/Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material botânico e condições experimentais

Plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* com idade de 130 dias após a germinação foram adquiridas de viveiro particular em Fraiburgo/SC, com cerca de 30 cm de altura, plantados em tubetes com substrato comercial. A área de estudo está inserida no bioma da Floresta Ombrófila Mista, e suas características específicas podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características climáticas da área de condução do experimento com plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento, em telado preto, na Mesorregião Serrana de Santa Catarina.

Table 1. Climatic characteristics of the area of conduct experiment with young plants of *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage developed under different levels of shading, of black roof shading in nursery in Santa Catarina Mesoregion Highlands.

Parâmetros	Especificidades
Localização geográfica	27°16'58" S e 50°35'04" W
Altitude	987 m
Clima	Temperado (Cfb), mesotérmico úmido, com inverno e verão bem definidos
Temperatura média anual	15°C (10,5°C a 19,1°C)
Pluviosidade média anual	1.676 mm

A área experimental com viveiro em diferentes níveis de sombreamento fica localizada no Campus de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina, montadas com telas de sombrite preta para recobrimento.

Inicialmente, as plantas foram acondicionadas em vasos plásticos (10 L), com furos na base, e plantadas em substrato comercial Mecplant® em casa de vegetação com cobertura plástica (ambiente protegido). Após o período de trinta dias de aclimação em casa

de vegetação, dez indivíduos de cada espécie foram colocados em viveiro nos diferentes níveis de sombreamento (Figura 1) em sombrite preto, sob 80%, 50% e 0% de sombra. O sistema de irrigação utilizado foi o automático por bicos aspersores com três irrigações por dia, por 1 minuto cada, com a vazão de 1 litro/minuto. O crescimento e desenvolvimento das plantas jovens em diferentes níveis de sombreamento ocorreram nos meses de fevereiro a agosto (verão/outono/inverno).

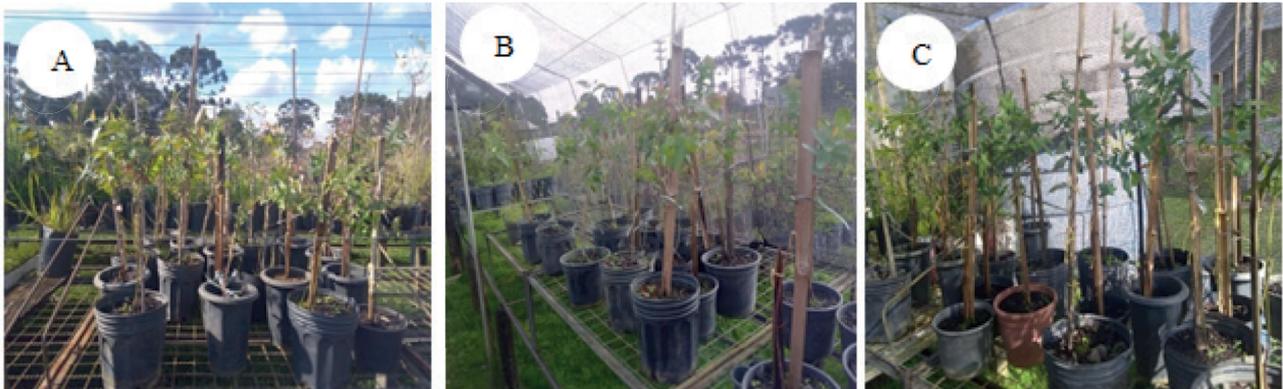


Figura 1. Plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage em diferentes níveis de sombreamento com telado preto em viveiro na Mesorregião Serrana de Santa Catarina. (A) plantas em 0% de sombreamento artificial; (B) plantas com 50% de sombreamento; (C) plantas com 80% de sombreamento.

Figure 1. Young plants of *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage in different levels of black roof shading in nursery in Santa Catarina Mesoregion Highlands. (A) plants in 0% artificial shade; (B) plants with 50% shading; (C) plants with 80% shading.

2.2 Análises morfo-anatômicas

Após seis meses de desenvolvimento nas diferentes condições de sombreamento as folhas foram retiradas e analisadas com relação aos parâmetros morfofisiológicos. A determinação da Área Foliar - AF foi realizada com a coleta total de trinta folhas, obtidas de dez plantas jovens, totalmente expandidas variando do terceiro ao quinto nós caulinares, de cada um dos níveis de sombreamento (80%, 50% e 0% de sombreamento) para cada espécie (*E. dunnii* e *E. benthamii*). Em cada folha, foi realizado o seu contorno em papel com peso constante (tamanho ofício padrão 75 g/m²). Os moldes foram recortados e pesados em balança digital, relacionando o peso destes moldes, com o peso médio de área conhecida em centímetros quadrados do mesmo papel, para determinar a área foliar em centímetros quadrados (Nakazono et al, 2001).

As análises histológicas foram realizadas a partir de trinta folhas totalmente expandidas de dez plantas jovens, oriundas do terceiro ao quinto nós caulinares, as quais foram seccionadas com lâminas de aço para utilização do terço mediano. Em seguida, os fragmentos foliares foram fixados em FAA 70 (Johansen, 1940). Após 48 horas de fixação os segmentos de folhas foram imersos em etanol 70% para conservação. Lâminas temporárias para observação em microscopia de luz foram preparadas a partir de folhas recém-coletadas (in vivo), seccionadas a mão livre para a análise dos estômatos em vista frontal, e também para a análise da cutícula, em secção transversal. Para a detecção da cutícula na epiderme foi utilizado Sudan IV (O'Brien et al., 1965).

Lâminas permanentes foram preparadas para a análise dos tecidos do mesófilo, em secção transversal por meio da microscopia de luz. Segmentos do terço mediano de lâminas foliares conservados em etanol 70% foram desidratados totalmente em série etílica crescente, e incluídos em blocos de parafina histológica em estufa (60°C). Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação com 10 µm de espessura, e os cortes distendidos em lâminas de vidro, sobre chapa aquecedora (40°C) com adesivo de Bissing para a adesão (Bissing, 1974). Após a secagem das

lâminas realizou-se a coloração com safranina/fast-green e posteriormente, estas foram montadas entre lâmina-lamínula com bálsamo do Canadá sintético. As mensurações das estruturas histológicas foram feitas em microscópio de luz, com sistema digital de captura de imagem. As análises morfométricas histológicas para cada espécie foram feitas por meio de seis repetições por tratamento (80%, 50% e 0% de sombreamento), e cada repetição foi constituída da média de cinco lâminas histológicas.

2.3 Extração e análise de pigmentos fotossintéticos

A avaliação do teor de clorofila a e b, clorofila total e o teor de carotenoides totais foi realizada conforme a metodologia descrita por Hiscox e Israelstam (1979). Inicialmente, foi realizada a incubação em banho-maria de amostras de 100 mg de folhas frescas, sadias, com 7 mL de Dimetilsulfóxido - DMSO, pelo período de duas horas a 65°C, sem maceração. Após a filtragem, o volume total foi corrigido para 10 mL. A obtenção dos valores foi realizada por meio de espectrofotometria de UV- visível em microplaca (SpectraMax® Paradigm® Multi-mode Detection Plataforma) levando-se em conta a densidade óptica medida a 480 nm, 649 nm e 665 nm. Foram realizadas cinco repetições para cada nível de sombreamento em cada uma das duas espécies.

2.4 Índice de plasticidade fenotípica

Para cada parâmetro morfofisiológico avaliado em cada espécie foi calculado o índice de plasticidade fenotípica de acordo com Valladares et al. (2000), variando de zero a um, de acordo com a equação $IP = (M - m) / M$, considerando M o valor da maior média e m o valor da menor média.

2.5 Análises estatísticas

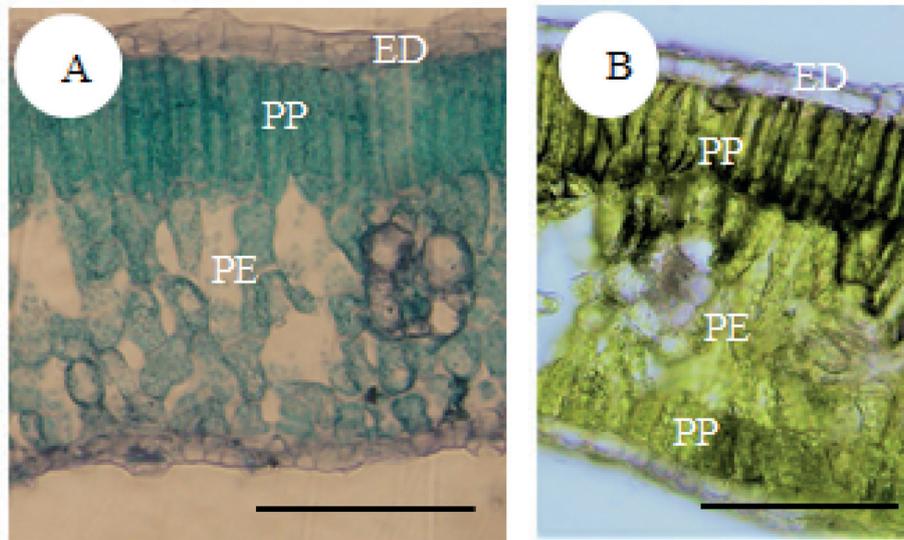
Os dados obtidos em todos os parâmetros foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido do teste de separação de médias de Tukey a 5% de probabilidade, para cada espécie (não foram comparados dados entre as diferentes espécies), com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As folhas de *Eucalyptus dunnii* Maiden nos diferentes níveis de sombreamento exibiram mesofilo de organização dorsiventral, com parênquima paliçádico biestratificado voltado para a face adaxial, e parênquima esponjoso voltado para a face abaxial (Figura 2A), com amplos espaços intercelulares. As folhas de plantas jovens de *E. dunnii* são hipoestomáticas. Em *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage, as folhas em diferentes níveis de sombreamento exibiram mesofilo isobilateral, com parênquima paliçádico biestratificado voltado

para a face adaxial e uniestratificado voltado para a face abaxial, e parênquima esponjoso na região intermediária do mesofilo (Figura 2B), com pequenos espaços intercelulares. As folhas de plantas jovens de *E. benthamii* são anfiestomáticas.

De acordo com MetCalfe e Chalk (1950), na família das Mirtáceas o mesofilo é usualmente isobilateral. Os resultados obtidos do mesofilo isobilateral para *E. benthamii* estão de acordo com as descrições de Migacz et al. (2018). A ocorrência de mesofilo com duas a três camadas de parênquima paliçádico em *E. dunnii* e *E. benthamii* também foram descritas por Migacz et al. (2018).



Fonte: os próprios autores.

Figura 2. Secção transversal de lâminas foliares de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden (A) e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage (B) Barra = 50 µm. Legendas: Parênquima Paliçádico – PP; Parênquima Esponjoso – PE; Epiderme Adaxial – ED.

Figure 2. Cross section of leaf blades of young *Eucalyptus dunnii* Maiden (A) and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage (B) plants. Bar = 50 µm. Subtitles: Palisade Parenchyma – PP; Spongy Parenchyma - PE; Adaxial Epidermis - ED.

Em estudo com *E. globulus* Malinowski et al. (2009) apresentam que folhas de plantas jovens possuem mesofilo dorsiventral, e folhas de plantas adultas tem mesofilo isobilateral. Nesse sentido, os resultados obtidos nesse estudo fazem o primeiro relato de folhas dorsiventrals em plantas jovens de *E. dunnii*, independente da condição luminosa. No estudo com folhas de plantas adultas de *E. dunnii*, Migacz et al. (2018) descrevem o mesofilo como isobilateral.

Entretanto, esse dimorfismo foliar não ocorre em *E. benthamii*. A existência de organização distinta no mesofilo de *E. dunnii* e *E. benthamii* evidenciam estratégias evolutivas diferentes para a captura e difusão da luminosidade e gás carbônico no interior de suas folhas. Essas diferenças podem indicar a necessidade de maior luminosidade na fase juvenil de *E. dunnii*, uma vez que o padrão dorsiventral é típico de folhas expostas a alta luminosidade em espécies arbóreas tropicais.

A distribuição dos estômatos em folhas do gênero *Eucalyptus* usualmente é classificada como anfiestomáticas (Saulle et al., 2018). A ocorrência de folhas hipoestomáticas em folhas de plantas jovens, e anfiestomáticas em plantas adultas foram observadas em *E. globulus* por Malinowski et al. (2009). No estudo com folhas de plantas adultas de *E. dunnii*, Migacz et al. (2018) descrevem folhas anfiestomáticas. Nesse presente estudo foi registrado pela primeira vez em *E. dunnii* a ocorrência de hipoestomatia em folhas de plantas jovens. A hipoestomatia em folhas de plantas jovens de *E. dunnii* podem estar relacionadas com uma estratégia de redução da perda de água por transpiração, considerando a menor área de trocas gasosas (aberturas estomáticas) na lâmina inteira. A organização dorsiventral e a hipoestomatia em folhas jovens de *E. dunnii* reforçam a interpretação de uma necessidade maior de luminosidade na fase

juvenil da planta, sendo que a primeira característica favorece a maior captura de luz, e a segunda característica favorece redução na perda de água.

A espessura da cutícula na face adaxial não diferiu estatisticamente, entre os níveis de sombreamento para *E. dunnii* (Figura 3). Entretanto, em *E. benthamii* o aumento do sombreamento promoveu aumento na espessura da cutícula da face adaxial. A cutícula na face abaxial não apresentou diferenças estatísticas, em ambas as espécies. As células epidérmicas de *E. dunnii* não tiveram variação estatisticamente significativa na face adaxial (Figura 3), porém foram mais espessas na face abaxial no tratamento com maior sombreamento (80% de sombreamento). Em *E. benthamii*, as células epidérmicas na face adaxial foram mais espessas no tratamento com maior sombreamento (80%), enquanto que na face abaxial não existiram diferenças estatisticamente significativas.

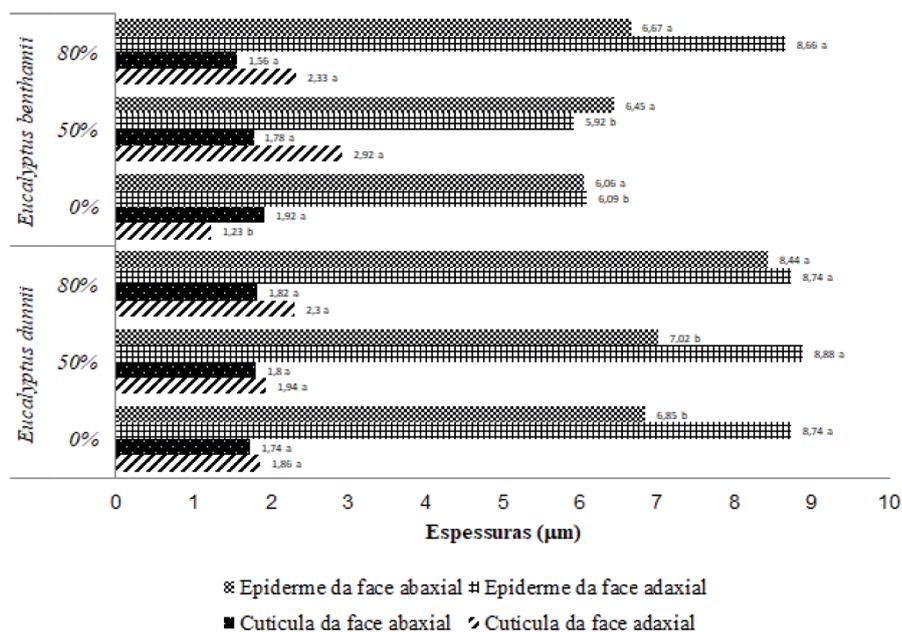


Figura 3. Espessuras da cutícula e células epidérmicas em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), em telado preto, na Mesoregião Serrana de Santa Catarina. Valores em µm. Letras diferentes para cada espécie indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Tukey a 5%.

Figure 3. Cuticle and epidermal cell thickness in leaves of young *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage plants developed under different shading levels (0%, 50%, 80%), in black roof, in Santa Catarina Mesoregion Highlands. Values in µm. Different letters for each species indicate statistically significant differences by the 5% Tukey test.

A plasticidade da epiderme é uma característica que tem relação com a intensidade luminosa, podendo diminuir ou aumentar sua espessura dependendo do grau de sombreamento (Larcher, 2004). O aumento da espessura da cutícula e das células epidérmicas em *Eucalyptus benthamii* em ambiente mais sombreado pode estar associado com a manutenção de maior conteúdo de água na folha, o que possibilita o equilíbrio térmico nesses ambientes de temperaturas médias mais amenas. Em *E. dunnii*, o investimento no ajuste desses caracteres em aclimação a ambientes mais sombreados não se expressa.

A densidade estomática em folhas de *E. dunnii* foi maior nas maiores intensidades luminosas (Figura 4). Em *E. benthamii* o aumento da densidade estomática com o aumento da luminosidade também foi observado para a face adaxial, entretanto, na face abaxial o comportamento não foi o mesmo (Figura 4). A densidade estomática é um parâmetro de grande relevância ecofisiológica que influencia na fotossíntese e nas trocas gasosas (Camargo e Marengo, 2012). Algumas espécies vegetais utilizam o processo de fechamento dos estômatos

para retardar a perda de água, o que torna possível classificá-las como espécies com maior sensibilidade estomática. Porém a redução do volume de água perdida pelas plantas tem influência no tamanho e distribuição dos estômatos. Resultados semelhantes foram descritos por Camargo e Marengo (2012) em *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae), onde encontraram maior densidade estomática em folhas submetidas à alta irradiância. A densidade estomática tende a se elevar em plantas expostas a altas irradiâncias, o que proporciona um aumento na absorção de CO₂, mas também diminuição na transpiração, devido a sobreposição da área de difusão do vapor d'água devido a maior proximidade dos estômatos (Larcher, 2004). Em *E. dunnii* e *E. benthamii* o aumento da luminosidade deve aumentar o metabolismo fotossintético exigindo maior captura de gás carbônico, visto que a densidade estomática teve aumento significativo. O ajuste na densidade estomática em *E. benthamii* na face adaxial (exposta diretamente a radiação solar) foi suficiente para a aclimação a maiores intensidades luminosas, mantendo a densidade na face abaxial.

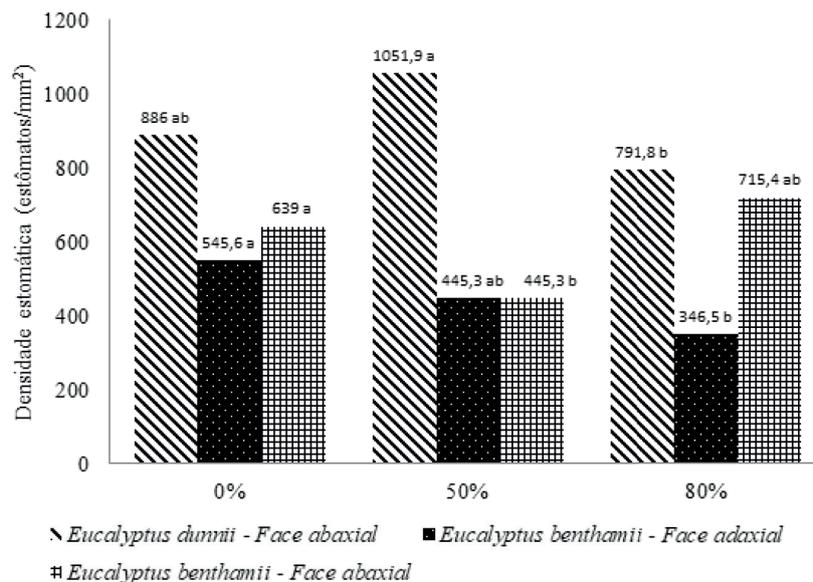


Figura 4. Densidade estomática em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), em telado preto, na Mesorregião Serrana de Santa Catarina. Densidade estomática em est.mm⁻². Letras diferentes para cada espécie indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Tukey a 5%.

Figure 4. Stomatal density in leaves of young plants *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage plants developed under different shading levels (0%, 50%, 80%), in black roof, in Santa Catarina Mesoregion Highlands. Stomatal density in est.mm⁻². Different letters for each species indicate statistically significant differences by the 5% Tukey test.

O comprimento e a largura dos estômatos em *E. dunnii* não tiveram diferenças significativas (Figura 5A). Em *E. benthamii* o maior comprimento dos estômatos foi registrado na face adaxial em maior luminosidade (0% de sombreamento) (Figura 5B). O comprimento dos estômatos na face abaxial, e a largura dos estômatos em ambas as faces de *E. benthamii* não tiveram diferenças

estatisticamente significativas. Em *E. dunnii* o poro estomático não teve variação significativa nas diferentes condições luminosas. Em *E. benthamii* o menor comprimento e largura do poro estomático foi observado na face adaxial em condição de menor luminosidade (80% de sombreamento), entretanto, na face abaxial, o comprimento e largura não tiveram diferenças significativas.

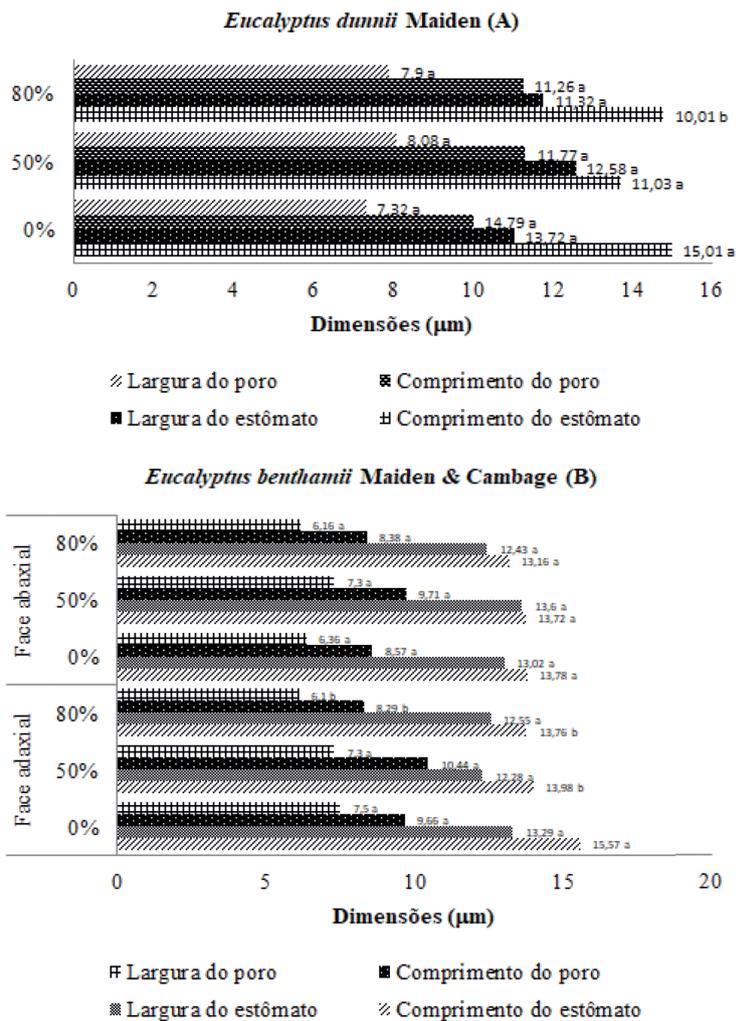


Figura 5. Dimensões dos estômatos e poros estomáticos em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden (A) e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage (B) desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), em telado preto, na Mesorregião Serrana de Santa Catarina. Valores em μm . Letras diferentes para cada espécie indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Tukey a 5%.

Figure 5. Dimensions of stomata and stomatal pores in leaves of young plants *Eucalyptus dunnii* Maiden (A) and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage (B) plants developed under different shading levels (0%, 50%, 80%) on black roof, in Santa Catarina Mesoregion Highlands. Values in μm . Different letters for each species indicate statistically significant differences by the 5% Tukey test.

O aumento do poro estomático em condições de maior luminosidade, como visto em *E. benthamii*, foram registrados em *Quercus ilex* e *Phillyrea latifolia* (Gratani et al, 2006), e em *Carapa guianensis* Aubl. (Aragão et al., 2014). A redução nas dimensões estomáticas deve promover aumento da resistência à passagem de água por transpiração, mantendo a capacidade de captura de CO₂ e evitando um estresse hídrico em ambientes com maior luminosidade (Fermino Junior e Fockink, 2017), entretanto, espécies do mesmo gênero, como *E. dunnii* e *E. benthamii*, as estratégias adaptativas são distintas. Em *E. dunnii*, os efeitos de variação na luminosidade não promovem alteração nas dimensões do poro estomático, porém conforme apresentado anteriormente, a densidade estomática aumentou com o aumento

da luminosidade. Para *E. benthamii*, assim como visto para a densidade estomática, a dimensão dos estômatos sofreu ajuste apenas na face adaxial, indicando como suficiente para a aclimação, sem alterar os parâmetros na face abaxial.

O parênquima paliçádico em folhas de plantas jovens de *E. dunnii* não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os níveis de sombreamento (Figura 6). Em *E. benthamii*, o parênquima paliçádico foi mais espesso na condição de 50% de sombreamento. O parênquima esponjoso não apresentou diferenças significativas na espessura em ambas as espécies, nos diferentes níveis de sombreamento. O mesofilo também não apresentou espessuras com diferenças significativas nos diferentes níveis de sombreamento, em ambas as espécies.

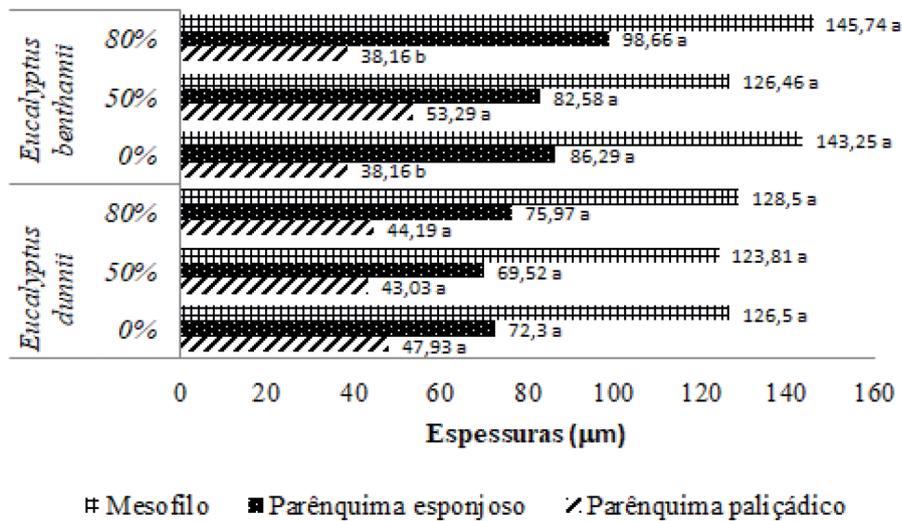


Figura 6. Espessuras dos tecidos do mesofilo de folhas de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento (0%, 50%, 80%), em telado preto, na Mesoregião Serrana de Santa Catarina. Valores em µm. Letras diferentes para cada espécie indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Tukey a 5%.

Figure 6. Mesophyll thickness of *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage young plants developed under different shading levels (0%, 50%, 80%) in black roof, in Santa Catarina Mesoregion Highlands. Values in µm. Different letters for each species indicate statistically significant differences by the 5% Tukey test.

Existem ocorrências de alterações do mesofilo sob diferentes intensidades luminosas em diversas espécies arbóreas (Novelli et al., 2015). Em folhas expostas à maior luminosidade, o aumento na espessura do parênquima paliçádico está associado com o aumento da superfície celular para trocas gasosas de CO₂, acarretando aumento na atividade fotossintética (Tomas et al., 2013). Em *E. dunnii* os diferentes níveis de sombreamento não promoveram alterações na espessura do parênquima paliçádico. Em *E. benthamii*, é possível que o uso de telado com redução de 50% de sombreamento induziu uma aclimatação no sentido de otimizar a captura de energia luminosa, em níveis energéticos mais adequados para os processos fotossintéticos, tornando as células mais alongadas (espessas), fato que favorece a captura de CO₂.

De acordo com Terashima et al. (2011), o parênquima esponjoso apresenta estrutura organizacional que possibilita o espalhamento da

radiação luminosa e facilita a difusão lateral do CO₂ a partir das câmaras subestomáticas. Entretanto, em *E. dunnii* e *E. benthamii* não existiram alterações significativas no parênquima esponjoso sob os diferentes níveis de sombreamento.

A área foliar não exibiu diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes níveis de sombreamento, em ambas as espécies (Tabela 2). De acordo com Nascimento et al. (2006), a área foliar apresenta função importante na determinação da quantidade de luz que a planta intercepta, na fixação de carbono e na perda de água. Plantas que se desenvolvem em altas intensidades luminosas exibem uma tendência em apresentar folhas com áreas menores, isto aumenta a convecção de calor dissipado, característica relevante para garantir a sobrevivência, evitando o superaquecimento interno da folha e desidratação (Larcher, 2004). Em plantas jovens de *E. dunnii* e *E. benthamii* as folhas não responderam à variação da área foliar em diferentes níveis de sombreamento.

Tabela 2. Área foliar e concentrações dos pigmentos fotossintéticos de folhas de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento, em telado preto, na Mesorregião Serrana de Santa Catarina.

Table 2. Leaf area and photosynthetic pigment concentrations of leaves of *Eucalyptus dunnii* Maiden and *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage young plants developed under different shading levels, in black roof, in Santa Catarina Mesoregion Highlands.

Parâmetros / Sombreamento	<i>Eucalyptus dunnii</i>			<i>Eucalyptus benthamii</i>		
	0%	50%	80%	0%	50%	80%
Área foliar (cm ²)	51,42 a	65,62 a	69,69 a	42,90 a	53,21 a	38,33 a
Clorofila <i>a</i> (mg/100 mg)	13,3 a	14,35 a	13,23 a	13,28 a	10,99 b	12,86 a
Clorofila <i>b</i> (mg/100 mg)	4,60 c	8,07 a	6,50 b	7,86 a	4,41 c	6,20 b
Clorofilas totais(mg/100 mg)	17,9 b	22,4 a	17,9 b	21,1 a	15,4 c	19,0 b
Carotenóides (mg/100 mg)	3,92 a	1,18 c	2,93 b	2,18 a	2,54 a	2,47 a
Razão Cl.a/Cl.b	2,9	1,8	2,1	1,7	2,5	2,1

Nota: Letras diferentes na horizontal para cada espécie indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste Tukey a 5%.

Note: Different horizontal letters for each species indicate statistically significant differences by the 5% Tukey test.

A concentração de clorofila a em folhas de *E. dunnii* não apresentou diferenças significativas entre os níveis de sombreamento (Tabela 2), entretanto, menores concentrações de clorofila b e totais foram observadas em condições de menor nível de sombreamento (50% e 80% de sombreamento).

Em folhas de *E. benthamii*, a concentração de clorofila a foi menor no tratamento com 50% de sombreamento. Ainda em *E. benthamii*, as maiores concentrações de clorofila b e totais foram registradas em condições de maior luminosidade (0% de sombreamento). A concentração de carotenóides (Tabela 2) em folhas de *E. dunnii* foi maior em condições de maior luminosidade (0% de sombreamento), e em folhas de *E. benthamii* não existiram diferenças significativas.

Alterações na disponibilidade de radiação influenciam diretamente na concentração de pigmentos fotossintéticos, alterando a quantidade de clorofila total, assim como a razão de clorofila a em relação à clorofila b e carotenóides (Demmig-Adams e Adams, 1996). Sob condições luminosas normais, a taxa de síntese e degradação de clorofilas é a mesma, mas a degradação de clorofilas pode ser acelerada por excesso de radiação solar (Ferreira et al., 2012). De acordo com Larcher (2004) as folhas de sombra apresentam maior concentração

de clorofila por grama de massa seca do que folhas expostas diretamente ao sol, assim, a combinação das clorofilas a e dos pigmentos acessórios possibilitam que as plantas capturem maior quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa, como visto em *E. dunnii*. Os teores de carotenóides específicos que participam do ciclo da xantofila (violaxantina, zeaxantina e anteroxantina) são maiores em folhas crescidas ao sol, pela maior atuação destes carotenóides na dissipação de energia na forma de calor (Larcher, 2004), corroborando os resultados vistos em *E. dunnii*. Entretanto, os carotenóides não variaram significativamente em *E. benthamii*.

A análise do Índice de Plasticidade Fenotípica (Tabela 3) em folhas de *E. dunnii* indica que os Carotenóides apresentaram o maior índice (0,77) seguido pela Área Foliar (0,61), enquanto a Clorofila a tem o menor índice (0,21). Dentre os parâmetros relacionados aos estômatos, os maiores IP foram registrados para a Densidade estomática (0,46) e a Largura do poro estomático (0,45). Com relação às espessuras dos tecidos da folha, os maiores IP foram observados na espessura da Cutícula da Face Adaxial (0,52) e espessura da Cutícula da Face Abaxial (0,46). A espessura do Parênquima Paliçádico apresenta IP maior (0,42) que a espessura do Parênquima Esponjoso (0,34).

Tabela 3. Índice de Plasticidade Fenotípica - IP de características morfométricas e fisiológicas em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden na Mesorregião Serrana de Santa Catarina desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento 0%, 50% e 80%.

Table 3. Phenotypic Plasticity Index - PI of morphometric and physiological characteristics in leaves of young *Eucalyptus dunnii* Maiden plants in Santa Catarina Mesoregion Highlands developed under different shading levels 0%, 50% and 80%.

Parâmetros avaliados	IP
Carotenóides	0,77
Área foliar	0,61
Clorofila b	0,52
Cutícula Adaxial	0,52
Densidade estomática	0,46
Cutícula Abaxial	0,46
Largura do poro estomático	0,45
Parênquima Paliçádico	0,42
Mesofilo	0,36
Epiderme Abaxial	0,35

continua
to be continued

continuação - Tabela 3

continuation - Table 3

Parâmetros avaliados	IP
Parênquima Esponjoso	0,34
Clorofila Total	0,3
Comprimento do poro estomático	0,25
Largura do estômato	0,24
Comprimento do estômato	0,23
Epiderme Abaxial	0,22
Clorofila <i>a</i>	0,21

A análise dos Índices de Plasticidade Fenotípica em *E. benthamii* (Tabela 4) indicam que os maiores valores foram registrados para a espessura da Cutícula Adaxial (0,79) e a Área Foliar (0,72), enquanto que os menores valores foram para o Comprimento dos estômatos na face adaxial (0,19). Com relação aos parâmetros estomáticos, os maiores IP tendem a ser para aqueles na

face adaxial em comparação a face abaxial. Os maiores IP foram para a Densidade estomática adaxial (0,55). Com relação às espessuras dos tecidos da folha em *E. benthamii*, os maiores IP foram identificados para a Cutícula Adaxial (0,79) e a Cutícula Abaxial (0,55). A espessura do Parênquima Paliçádico apresenta IP maior (0,41) que a espessura do Parênquima Esponjoso (0,40).

Tabela 4. Índice de Plasticidade Fenotípica - IP de características morfométricas e fisiológicas em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage na Mesorregião Serrana de Santa Catarina desenvolvidas sob diferentes níveis de sombreamento 0%, 50% e 80%.

Table 4. Phenotypic Plasticity Index - PI of morphometric and physiological characteristics in leaves of young *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage plants in Santa Catarina Mesoregion Highlands developed under different shading levels 0%, 50% and 80%.

Parâmetros avaliados	IP
Cutícula Adaxial	0,79
Área foliar	0,72
Densidade estomática adaxial	0,55
Cutícula Abaxial	0,55
Clorofila <i>b</i>	0,54
Epiderme Adaxial	0,52
Densidade estomática abaxial	0,48
Largura do poro estomático abaxial	0,43
Parênquima Paliçádico	0,41
Comprimento do poro estomático abaxial	0,40
Parênquima Esponjoso	0,40
Epiderme Abaxial	0,39
Comprimento do poro estomático adaxial	0,36
Clorofila Total	0,36

continua
to be continued

continuação - Tabela 4

continuation - Table 4

Parâmetros avaliados	IP
Lâmina Foliar	0,33
Carotenoides	0,33
Largura do poro estomático adaxial	0,33
Comprimento do estômato abaxial	0,26
Mesofilo	0,25
Largura do estômato abaxial	0,25
Clorofila <i>a</i>	0,25
Largura do estômato adaxial	0,22
Comprimento do estômato adaxial	0,19

Resultados semelhantes aos apresentados por *E. dunnii* e *E. benthamii* foram observados em *Handroanthus crysotrichus* Mart. ex DC. (Bignoniaceae) por Soares (2012), e em *Calophyllum brasiliense* Camb. (Calophyllaceae) por Bächtold e Mello Junior (2015), com a área foliar e os caracteres estomáticos sendo uns dos mais plásticos.

Espécies mais plásticas possuem maior probabilidade de sobreviver às condições ambientais adversas devido a suas adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (Valladares et al., 2006). Segundo Valladares (2000) espécies que apresentam características com índices de plasticidade acima de 0,6 são consideradas altamente plásticas. Nesse contexto, em folhas de *E. dunnii*, os carotenóides e a área foliar, e em *E. benthamii*, a espessura da cutícula na face adaxial e a área foliar são caracteres altamente plásticos. A plasticidade fenotípica em folhas de *E. dunnii* e de *E. benthamii* indicaram os caracteres relacionados ao sistema de revestimento (cutícula e estômatos) como os de maior expressividade em relação aos caracteres do sistema fundamental (parênquima paliçádico e esponjoso), corroborando a concepção de que os tecidos de revestimento são indicadores sensíveis a aclimação, uma vez que estão em contato direto com o ambiente.

4 CONCLUSÕES

A organização do mesofilo e a distribuição dos estômatos na lâmina foliar indicam que *E. dunnii* na fase juvenil tem adaptações para suportar maior luminosidade em comparação com *E. benthamii*.

A cutícula e a epiderme em *E. benthamii* sofrem alterações com relação aos níveis de luminosidade, enquanto que em *E. dunnii* as alterações não são significativas.

A densidade estomática aumenta com o aumento da luminosidade em ambas as espécies. A dimensão dos estômatos tem alterações significativas com a variação de luminosidade em *E. benthamii*, entretanto, não ocorrem em *E. dunnii*.

Os tecidos do mesofilo não respondem significativamente em *E. dunnii*, porém em *E. benthamii* o maior desenvolvimento ocorre com 50% de sombreamento.

A área foliar não tem alterações significativas em relação aos níveis de luminosidade para ambas as espécies. As concentrações de clorofilas totais em *E. dunnii* são maiores a 50% de luminosidade, e em *E. benthamii* são maiores a 0% de sombreamento. Os carotenóides têm maior concentração em *E. dunnii* a 0% de sombreamento, porém não tem variações significativas em *E. benthamii*.

Os caracteres anatômicos com maior variação em relação aos diferentes níveis de sombreamento em *E. dunnii* foram na epiderme (cutícula, estômatos, células epidérmicas ordinárias), enquanto em *E. benthamii* foram na epiderme e no mesofilo.

A plasticidade fenotípica em folhas de *E. dunnii* e de *E. benthamii* indicaram os caracteres relacionados ao sistema de revestimento (cutícula e estômatos) como os de maior variação em relação aos caracteres do sistema fundamental (parênquima paliçádico e esponjoso).

5 AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado de Educação de Santa Catarina pela concessão da Bolsa UniEdu para a mestranda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, D.S. et al. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 631-639, 2014.

BÄCHTOLD, B.A.; MELO JUNIOR, J.C.F. DE. Plasticidade morfológica de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Calophyllaceae) em duas formações de restinga no sul do Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v. 2, n. 2, p. 21-32, 2015.

BISSING, D.R. Haupt's Gelatin Adhesive Mixed with Formalin for Affixing Paraffin Sections to Slides. **Stain Technology**, v. 49, n. 1, p. 116-117, 1974.

CALLAWAY, R.; PENNING, S.C.; RICHARDS, C.L. Phenotypic plasticity and interactions among plants. **Ecology**, v. 84, n. 2, p. 115-1128, 2003.

CAMARGO, M.A.B.; MARENCO, R.A. Growth, leaf and stomatal traits of crabwood (*Carapa guianensis* Aubl.) in central Amazonia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 7-16, 2012.

CARVALHO, N.O.S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CASAL, J.J.; QUESTA, J.I. Light and temperature cues: multitasking receptors and transcriptional integrators. **New Phytologist**, v. 217, n. 3, p. 1029-1034, 2018.

DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS, W.W. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. **Physiologia Plantarum**, v. 2, n. 3, p. 253-264, 1996.

FERMINO JUNIOR, P.C.P.; FOCKINK, G.D. Anatomia foliar de plantas jovens de erva mate (*Ilex paraguariensis* A.St.Hil.) sob diferentes níveis de sombreamento. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 3, p. 335-341, 2017.

FERREIRA, D.F. **Programa Sisvar.exe**: sistema de análise de variância. Versão 3.04. Lavras, 2015. 32p.

FERREIRA, W.N. et al. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 408-414, 2012.

GRATANI, L.; COVONE, F.; LARCHER, W. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees**, v. 20, n. 5, p. 549-558, 2006.

HISCOX, J.D.; ISRAELSTAM, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, n. 12, p. 1332-1334, 1979.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill Book Company, Inc, 1940. 523p.

KELLY, J. et al. Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 1, p. 287-293, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

MALINOWSKI, L.R.L., NAKASSHIMA, T., ALQUINI, Y. Caracterização morfo-anatômica de folhas jovens de *Eucalyptus globulus* Labill ssp. bicostata (Maidenet al.) J.B. Kirkpat (Myrtaceae). **Latin American Journal Pharmacy**, v. 28, n. 4, p. 756-761, 2009.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. *Anatomy of Dicotyledons*. 1 ed. Oxford: Clarendon Press, 1950. v. 2, 806 p.

MIGACZ, I.P. et al. Comparative leaf morpho-anatomy of six species of *Eucalyptus* cultivated in Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, n. 3, p. 273-281, 2018.

NAKAZONO, E.M. et al. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 1-7, 2001.

NASCIMENTO, E.A. et al. Alterações morfológicas em folhas de caféiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 852-857, 2006.

NOVELLI, D.S. et al. Morfoanatomia foliar de cupuaçuzeiros estabelecidos por diferentes métodos de propagação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 934-942, 2015.

O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1965.

PACHECO, M.V. et al. Efeito de temperatura e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 359-367, 2006.

PINTO-JÚNIOR, J.E.P. et al. **Genética florestal**. Viçosa, MG: Arka, 2011. 318p.

PITZ FLORIANI, M.M. et al. Relação entre concentrações foliares de carboidratos solúveis totais e tolerância ao frio em diferentes espécies de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 165-174, 2013.

REHFELDT, G.; WYKOFF, W.R.; YING, C.C. Physiological plasticity, evolution, and impacts of a changing climate on *Pinus contorta*. **Climatic Change**, v. 50, n. 4, p. 355-376, 2001.

RESENDE, M.D.V.; PIRES, I.E.; SILVA, R.L. Melhoramento do Eucalipto. In: LOPES, M.A. et al. **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Planaltina: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Brasília: Embrapa Cerrados, 2011. 614p.

RIBEIRO, L.; CATEN, A.T.; FERMINO JUNIOR, P.C.P. Plasticidade fenotípica de caracteres morfofisiológicos e reflexão espectral de folhas de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 31, p. 170-185, 2020.

SAULLE, C.C. et al. Anatomy and volatile oil chemistry of *Eucalyptus saligna* cultivated in South Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, n. 2, p. 125-134, 2018.

SOARES, M. G. **Plasticidade fenotípica de plantas jovens de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Matos (Bignoniaceae) em resposta a radiação solar**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

TERASHIMA, I. et al. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 108-116, 2011.

TOMAS, M. et al. Importance of leaf anatomy in determining mesophyll diffusion conductance to CO₂ across species: quantitative limitations and scaling up by models. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 8, p. 2269-2281, 2013.

VALLADARES, F. et al. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from Panamanian rainforest. **Ecology**, v. 8, n. 4, p. 1925-1936, 2000.

_____. GOMEZ, D.; ZAVALA, M.A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 4, p. 1103-1116, 2006.

LAGARTOS DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ANGATUBA, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL¹

LIZARDS FROM ANGATUBA ECOLOGICAL STATION, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Cybele de Oliveira ARAUJO^{2,3}

RESUMO - A fauna de répteis do estado de São Paulo pode ser considerada a mais bem conhecida no país. No entanto, ainda permanecem consideráveis lacunas amostrais no estado, sobretudo em remanescentes de vegetação natural das bacias hidrográficas do rio Paranapanema. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi fornecer informações sobre a diversidade de lagartos na Estação Ecológica de Angatuba, um remanescente de Cerrado e Mata Atlântica presente na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema. O inventário das espécies foi efetuado mensalmente de outubro/2008 a março/2009, totalizando 30 dias de inventário. Os lagartos foram amostrados por meio de armadilhas de interceptação e queda, encontro ocasional e procura visual. Foram encontradas na localidade cinco espécies de lagartos pertencentes a cinco gêneros e quatro famílias (Gymnophthalmidae, Leiosauridae, Mabuyidae e Teiidae). Essa pesquisa é uma relevante contribuição para expandir o entendimento sobre a diversidade de lagartos no Cerrado e Mata Atlântica, os dois *hotspots* mundiais prioritários para a conservação biológica existentes no país.

Palavras-chave: Conservação; Diversidade; Inventário; Répteis; Squamata.

ABSTRACT - The reptiles of São Paulo state are the best known in Brazil. However, there are still considerable gaps in the sampling of lizards in the state, especially within the natural vegetation remnants of the Paranapanema River watersheds. The purpose of this study was to obtain information on the diversity of lizards at Angatuba Ecological Station, a remnant of Cerrado and Atlantic Forest in the hydrographic basin of the Upper Paranapanema river. The species inventory was conducted monthly from October/2008 to March/2009, totaling 30 sampling days. The lizards were sampled using pitfall traps, incidental encounters and visual searches. We verified five lizard species belonging to five genera and four families (Gymnophthalmidae, Leiosauridae, Mabuyidae e Teiidae). This research is an important contribution for expanding the knowledge about the diversity of lizards in the Cerrado and Atlantic Forest, two priority global *hotspots* for biodiversity conservation in Brazil.

Keywords: Conservation; Diversity; Inventory; Reptiles; Squamata.

¹ Recebido para análise em 10.01.2020. Aceito para publicação em 21.08.2020.

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

³ Autor para correspondência: Cybele de Oliveira Araujo - cyaraujo@if.sp.gov.br/cybeleoliveiraraujo@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Existem mais de 11.050 espécies de “répteis” no mundo (Uetz et al., 2020). Esse grupo parafilético apresenta 831 espécies compondo a fauna brasileira, o que torna o país a terceira maior nação em riqueza de espécies de répteis no planeta (Uetz et al., 2020). Informações disponíveis mais recentemente indicam que o Brasil possui 276 espécies de lagartos (Costa e Bérnils, 2018), sendo registrado um total de 44 espécies para o estado de São Paulo, representando 16% da diversidade brasileira (Zaher et al., 2011). Dados básicos sobre a diversidade de lagartos são escassos para grandes áreas da América do Sul, o que inclui regiões que combinam altos índices de pressão antrópica e uma diversidade biológica elevada, como observado no Cerrado e Mata Atlântica, duas das 36 regiões globais prioritárias para a conservação da biodiversidade (Mittermeier et al., 2005; Hrdina e Romportl, 2017).

O Cerrado apresenta um amplo e heterogêneo mosaico de tipos de ambientes, dispostos lado a lado na escala local e determinados principalmente pela topografia, relevo e tipo de solo (Ratter et al., 1997; Oliveira-Filho e Ratter, 2002). Sua paisagem é caracterizada pela presença de planaltos, depressões e planícies dominadas por formações campestres e savânicas e em menor extensão por matas de galeria e floresta estacional (Oliveira-Filho e Ratter, 2002; Silva e Bates, 2002; Ab’Sáber, 2005; Mittermeier et al., 2005; Ribeiro e Walter, 2008). Sua biota é reflexo dessa diversidade de ambientes, sendo reconhecida mundialmente como uma das mais ricas em espécies e endemismos e que se encontra bastante ameaçada pelas atividades humanas, principalmente agricultura e pecuária extensiva (Colli et al., 2002; Klink e Machado, 2005; Mittermeier et al., 2005; Diniz-Filho et al., 2008). O Cerrado, que possuía originalmente dois milhões de km² de extensão (23% do território brasileiro) foi severamente devastado, restando apenas 40% de sua cobertura vegetal e a porção mais ao sul, incluindo o Cerrado paulista, é sem dúvida a que se encontra mais impactada, com somente 15% de sua extensão original (Sano et al., 2010).

Muito pouco desse domínio encontra-se protegido em unidades de conservação no estado (0,5%) e mesmo assim, tais remanescentes são suscetíveis a diversas ameaças como risco de incêndios, invasão por espécies animais e vegetais exóticas e isolamento por falta de conectividade com outros fragmentos (Pivello et al., 1999; Durigan e Ratter, 2006; Durigan et al., 2007).

De acordo com Nogueira et al. (2011), existe uma grande riqueza de espécies de répteis Squamata no Cerrado, sendo que das 267 espécies registradas, 103 são consideradas endêmicas, representando 39% da riqueza regional. A maior parte da fauna de lagartos presente nesse domínio é constituída por especialistas de hábitat, resultando em baixa sobreposição no uso dos ambientes, diferentemente de aves e mamíferos, que apresentam a maioria das espécies utilizando tanto ambientes com formações vegetais abertas como florestais (Johnson et al., 1999; Silva e Bates, 2002; Nogueira et al., 2005; Vitt et al., 2007; Nogueira et al., 2009). No Cerrado, a pronunciada estratificação horizontal do mosaico de ambientes promove a riqueza de espécies de lagartos e compensa a relativa simplicidade vertical da maior parte dos habitats (Colli et al., 2002; Nogueira et al., 2005; Nogueira et al., 2009).

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta tropical da América do Sul, ocupando originalmente 1,5 milhões de km² ao longo da costa brasileira e estendendo-se a oeste, em direção ao Paraguai e Argentina (Galindo-Leal e Câmara, 2003; Ribeiro et al., 2009). Esse domínio extremamente heterogêneo abrange grandes blocos de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual e em menor escala apresenta florestas decíduas, manguezais, restingas, campos de altitude e Floresta Ombrófila Mista (Scarano, 2002; Câmara, 2003). Esse mosaico de ambientes comporta uma herpetofauna bastante diversificada, com mais de 306 espécies de répteis e 543 espécies de anfíbios (Mittermeier et al., 2005; Haddad et al., 2013).

Processos históricos de uso e ocupação do solo acarretaram em severa supressão e fragmentação da Mata Atlântica, restando menos de 12% de sua extensão original (Morellato e Haddad,

2000; Ribeiro et al., 2011). Embora persistam alguns grandes remanescentes distribuídos ao longo das serras costeiras dos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, a maior parte dos fragmentos (83,4%) consiste em manchas florestais menores que 50 hectares (Ribeiro et al., 2011). Considerando as formações florestais brasileiras, a Floresta Estacional Semidecidual é a que sofreu maior desmatamento, especialmente em regiões que apresentam a topografia propícia para atividades agropecuárias e silviculturais (Leitão-Filho, 1987; Durigan et al., 2000; Ribeiro et al., 2011). Essa fitofisionomia apresenta-se permeada por formações de Cerrado, ocupando de forma bastante fragmentada parte dos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás e, em menor escala, Rio de Janeiro, Espírito Santo e sul da Bahia (Leitão-Filho, 1982). No estado, a formação ocorre especialmente na Depressão Periférica e no Planalto Ocidental Paulista (Leitão-Filho, 1982; Kronka et al., 2005). A Mata Atlântica encontra-se bastante reduzida no estado de São Paulo, exceto pela Serra do Mar, que ainda possui 36,5% de sua cobertura original, apresentando extensos blocos de Floresta Ombrófila Densa e o Parque Estadual do Morro do Diabo, o maior remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do estado, exibindo 33.900 ha de cobertura vegetal protegida (Kronka et al., 2005; Faria e Pires, 2006; Ribeiro et al., 2011).

Avaliando o tamanho do território brasileiro e o conhecimento sobre os répteis em outras regiões do país, a fauna de lagartos do estado de São Paulo pode ser considerada bem estudada, no entanto, ainda permanecem muitas lacunas amostrais no interior do estado (Zaher et al., 2011). São raros os estudos sobre a diversidade dessa taxocenose em localidades de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual no estado, sendo que os municípios que apresentam informações publicadas são Águas de Santa Bárbara (Araujo et al., 2014), Assis (Araujo e Almeida-Santos, 2011), Bauru (Araujo, 2017), Itirapina (Kieffer et al., 2006), Jundiá (Sazima e Haddad, 1992), Pederneiras (Araujo et al., 2018), Pirassununga (Vanzolini, 1948) e Teodoro Sampaio (Dixo et al., 2006).

A carência de ações realistas e eficazes para a conservação, recuperação e conexão dos remanescentes de vegetação colaboram para o isolamento das populações, o que prejudica o fluxo contínuo entre os indivíduos e a diversidade genética, essenciais para garantir metapopulações viáveis (Hanski, 1998). Os dados obtidos nessa pesquisa contribuem na avaliação mais adequada do *status* de conservação das espécies, declínios populacionais e extinções locais, informações essas imprescindíveis para subsidiar medidas mais efetivas de manejo e conservação da biodiversidade (Verdade et al., 2012). Nesse sentido, esse estudo tem como finalidade apresentar informações sobre a diversidade de lagartos na Estação Ecológica de Angatuba, um remanescente de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual presente na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

A Estação Ecológica de Angatuba (23°24'S, 48°21'O; 625 - 750 m) localiza-se nos municípios de Angatuba e Guareí, bacia hidrográfica do Alto Paranapanema e apresenta área total de 1.394 ha (Monteiro et al., 2009) (Figura 1). O clima da região é do tipo Cfa de Köppen, com um verão quente (Alvares et al., 2014). A temperatura média nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) oscila ao redor de 24,6 °C e nos meses mais frios (junho e julho) entre 17 e 17,6 °C (Monteiro et al., 2009). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.325 mm, com a maior média de precipitação mensal ocorrendo no mês de janeiro (195,5 mm) e a menor em agosto (40 mm) (Monteiro et al., 2009). A cobertura vegetal dessa estação ecológica é constituída predominantemente pela Floresta Estacional Semidecidual Montana (56,9%; 793,3 ha) e Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (17,2%; 239,8 ha), apresentando também algumas áreas de Cerrado (17,7%; 246,8 ha) em suas diversas fisionomias (Cerradão, Cerrado Sentido Restrito, Campo Úmido) e uma pequena porção invadida por *Pinus* sp. (8,2%; 114 ha) nos limites com a Floresta Estadual de Angatuba (Franco et al., 2009).

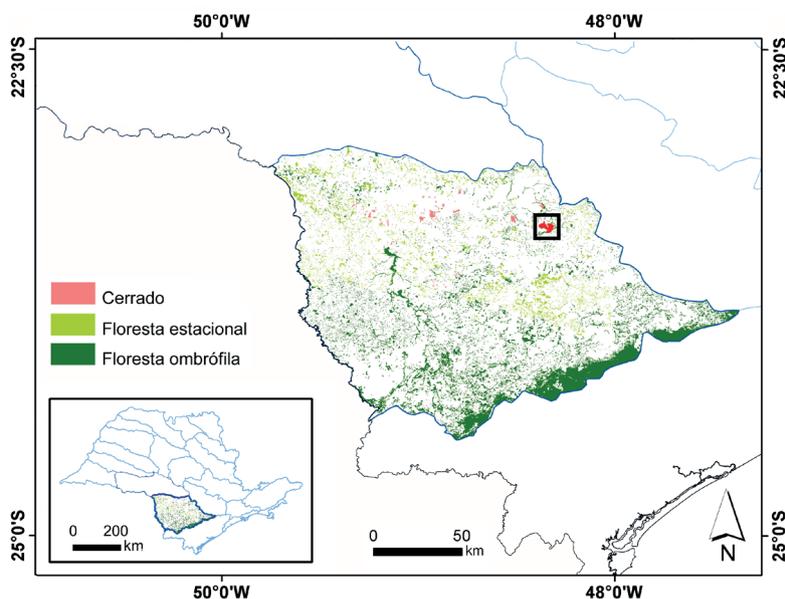


Figura 1. Remanescentes de vegetação natural da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, SP. O fragmento em vermelho representa a Estação Ecológica de Angatuba. No detalhe à esquerda, estão representadas as bacias hidrográficas do estado de São Paulo, com destaque para o Alto Paranapanema.

Figure 1. Natural vegetation remnants of the Upper Paranapanema river basin, São Paulo state, Brazil. The fragment in focus (in red) represents the Angatuba Ecological Station. The detail on the left side depicts the river basins of São Paulo state, highlighting the Upper Paranapanema.

2.2 Coleta dos dados

O inventário das espécies foi realizado em seis etapas de campo mensais, com duração de cinco dias cada, totalizando 30 dias de amostragem (outubro/2008 a março/2009). Foram instaladas armadilhas de interceptação e queda (*pitfall traps*)

interligadas por cercas-guia (*drift-fences*) (Corn, 1994) em diferentes fitofisionomias presentes na localidade (Cerrado Denso, Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual) (Tabela 1). Os métodos de procura visual e encontro ocasional também foram empregados na amostragem dos lagartos (Crump e Scott Jr., 1994; Blomberg e Shine, 1996).

Tabela 1. Linhas de armadilhas de interceptação e queda instaladas na Estação Ecológica de Angatuba, SP. Fitofisionomias: Cerrado Denso - CD; Cerradão - CE; Floresta Estacional Semidecidual - FES; Floresta Estacional Semidecidual Aluvial - FESA.

Table 1. Rows of pitfall traps installed at the Angatuba Ecological Station, São Paulo state, Brazil. Phytophysionomies: “Cerrado Denso” - CD; “Cerradão” - CE; Seasonal Semideciduous Forest - FES; Seasonal Semideciduous Alluvial Forest - FESA.

Linha de armadilhas	Fitofisionomia	Coordenada geográfica
1	FES	23°24'48"S/48°22'31"O
2	FES	23°24'40"S/48°22'52"O
3	CE	23°24'04"S/48°22'57"O
4	CD	23°23'59"S/48°22'38"O

continua
to be continued

continuação - Tabela 1
 continuation - Table 1

Linha de armadilhas	Fitofisionomia	Coordenada geográfica
5	CD	23°23'49"S/48°22'25"O
6	CD	23°23'48"S/48°22'07"O
7	CE	23°24'22"S/48°20'45"O
8	CE	23°24'33"S/48°20'58"O
9	FES	23°23'52"S/48°19'49"O
10	FES	23°24'01"S/48°19'32"O
11	FES	23°25'14"S/48°20'08"O
12	FES/FESA	23°25'41"S/48°19'49"O

Foram montadas 12 linhas de armadilhas compostas por quatro baldes plásticos de 60 litros, totalizando 48 armadilhas, com uma distância mínima de 500 m entre as linhas (Tabela 1). Os baldes foram inseridos em buracos cavados no solo, sendo dispostos em linha reta (espaçados 15 metros entre si) e interligados por cercas-guia (lona plástica) de aproximadamente 50 cm de altura. As armadilhas permaneceram abertas por cinco dias consecutivos (terceira ou última semana do mês), em um total de 30 dias de amostragem (esforço amostral = 1.440 armadilhas). Com a finalidade de reduzir a predação dos lagartos capturados nas armadilhas por outros animais, foram realizadas vistorias a cada 24 horas, sempre no período da manhã. Abrigos foram colocados em cada uma das armadilhas durante o período de amostragem para impedir a morte de indivíduos por dessecação e afogamento (Cechin e Martins, 2000).

A procura visual foi realizada por meio de deslocamentos a pé, sendo observados minuciosamente os microhabitats acessíveis nos ambientes, como buracos no solo, folheto, arbustos, troncos e galhos de árvores. A distância percorrida não foi padronizada, com o tempo de amostragem variando entre três e seis horas por dia, resultando em um esforço total de

aproximadamente 100 horas de procura. O método de encontro ocasional consistiu no registro de espécimes encontrados vivos ou mortos, quando não estava sendo executado nenhum tipo de procura. Os espécimes testemunho (licenças de coleta IBAMA/RAN 10423-1 e 13706-2) foram depositados na Coleção Herpetológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZUSP.

O *status* de conservação das espécies foi obtido na lista vermelha internacional de espécies ameaçadas de extinção (International Union for Conservation of Nature - IUCN, 2019), Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, 2018) e lista de espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (São Paulo, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição e distribuição das espécies

Na Estação Ecológica de Angatuba foram registradas cinco espécies de lagartos pertencentes a cinco gêneros e quatro famílias (Leiosauridae, Gymnophthalmidae, Mabuyidae e Teiidae) (Figura 2, Tabela 2).



Figura 2. Espécies de lagartos amostradas na Estação Ecológica de Angatuba, SP. (a) *Enyalius perditus*; (b) *Colobodactylus taunayi*; (c) *Notomabuya frenata*; (d) *Kentropyx paulensis*. Todos os indivíduos são da localidade estudada (fotos: Cybele O. Araujo).

Figure 2. Species of lizards sampled at the Angatuba Ecological Station, São Paulo state, Brazil. (a) *Enyalius perditus*; (b) *Colobodactylus taunayi*; (c) *Notomabuya frenata*; (d) *Kentropyx paulensis*. All individuals are from the studied locality (photos: Cybele O. Araujo).

Tabela 2. Espécies de lagartos registradas na Estação Ecológica de Angatuba, SP. *Espécie citada na lista de espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (São Paulo, 2018). Métodos de amostragem: Armadilhas de Interceptação e Queda – AIQ (linhas de 1 a 12); Encontro Ocasional – EO.

Table 2. Lizards from Angatuba Ecological Station, São Paulo State. *Species cited in the list of endangered wildlife species in the São Paulo State (São Paulo, 2018). Sampling Methods: Pitfall Traps – AIQ (rows 1-12); Incidental Encounter – EO.

Família/espécie	Método	Abundância (AIQ)	Linha de armadilhas
Leiosauridae			
<i>Enyalius perditus</i> Jackson, 1978	AIQ	1	2
Gymnophthalmidae			
<i>Colobodactylus taunayi</i> Amaral, 1933	AIQ	2	1, 5
Mabuyidae			
<i>Notomabuya frenata</i> (Cope, 1862)	AIQ	1	5
Teiidae			
<i>Kentropyx paulensis</i> * (Boettger, 1893)	AIQ	1	3
<i>Salvator merianae</i> Duméril e Bibron, 1839	EO	-	-

O lagarto *Enyalius perditus* possui hábito semi-arborícola e ocupa tanto a vegetação quanto a serapilheira de formações florestais (Jackson, 1978). Apresenta ampla distribuição geográfica na Mata Atlântica do sudeste do Brasil, ocorrendo também no estado do Paraná (Costa e Bérnils, 2018). *Colobodactylus taunayi* também é encontrado na Mata Atlântica, porém exibe uma distribuição restrita aos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Costa e Bérnils, 2018). Essa espécie, que tem hábitos secretivos e vive no folhço da mata, apresenta populações constituídas por um número relativamente pequeno de indivíduos, com registros escassos em toda a área de distribuição da espécie (Forlani et al., 2010). *Notomabuya frenata* é um lagarto saxícola, sendo observado nas formações florestais de Cerrado (Mata de Galeria, Cerradão e Cerrado Denso) e também em localidades de floresta estacional (Nogueira, 2006; Araujo e Almeida-Santos, 2011; Araujo et al., 2014; Araujo, 2017; Araujo et al., 2018). Possui ampla distribuição, sendo registrado principalmente na chamada Diagonal de Áreas Abertas da América do Sul, mas também em enclaves de áreas abertas na Amazônia e Mata Atlântica (Ribeiro-Júnior e Amaral, 2016). *Kentropyx paulensis* é considerado endêmico do Cerrado, ocorrendo principalmente na porção centro-sul do domínio (Gallagher e Dixon, 1992). A espécie está fortemente associada às áreas abertas de Cerrado, como as formações campestres e savânicas, estando ausente nas formações florestais como Mata de Galeria e Cerradão (Nogueira, 2006; Thomé, 2006; Araujo et al., 2014). *Salvator merianae* exibe uma ampla distribuição pelo território brasileiro (Nogueira, 2006; Costa e Bérnils, 2018), sendo classificado como generalista no uso do hábitat, ocupando uma extensa gama de ambientes que incluem formações abertas e florestais de Cerrado, floresta estacional e áreas alteradas pelo homem (Nogueira, 2006; Thomé, 2006; Araujo e Almeida-Santos, 2011; Araujo et al., 2014; Araujo et al., 2018).

3.2 Riqueza e abundância das espécies

Esse estudo registrou cinco espécies, o mesmo número de espécies observado em inventários realizados na Estação Ecológica de Bauru e Floresta Estadual de Pederneiras (Araujo, 2017; Araujo et al., 2018). Outras unidades de conservação estaduais que apresentam predomínio de floresta estacional, como a Estação Ecológica do Jataí e Parque Estadual do

Morro do Diabo, apresentaram nove e oito espécies, respectivamente (Dixo et al., 2006; Serrano-Filho, 2012). A riqueza de espécies obtida na Estação Ecológica de Angatuba foi bastante inferior às encontradas em áreas protegidas de Cerrado no estado, como as estações ecológicas de Assis (10 espécies), Itirapina (15 espécies) e Santa Bárbara (12 espécies) (Kiefer et al., 2006; Araujo e Almeida-Santos, 2011; Araujo et al., 2014).

O número de espécies de lagartos em localidades de Cerrado e floresta estacional no estado de São Paulo pode ser considerado baixo em relação à estimativa de riqueza verificada em áreas bem amostradas de Cerrado em outras regiões do país, variando entre 13 e 28 espécies (Colli et al., 2002; Nogueira et al., 2009). Costa et al. (2007) verificaram pela modelagem dos padrões de distribuição de Squamata no Cerrado que as áreas de maior riqueza de espécies localizam-se principalmente nas porções sudoeste, norte, extremo leste e áreas dispersas nas porções noroeste desse domínio, sendo que as regiões mais periféricas apresentam menor número de espécies. A baixa sobreposição da fauna de lagartos entre os ambientes abertos e florestais, sugere que esses dois tipos de habitats podem agir como barreiras naturais à distribuição e dispersão das espécies (Nogueira et al., 2009). Isso poderia explicar parcialmente a baixa riqueza de lagartos na Estação Ecológica de Angatuba e em outras áreas protegidas que estão presentes em uma porção do estado caracterizada por mosaicos de formações abertas e florestais de Cerrado e floresta estacional, localizados no limite mais meridional do domínio (Nogueira et al., 2009).

Apenas quatro artigos científicos e duas dissertações de mestrado exibem informações sobre a abundância de lagartos em unidades de conservação de Cerrado e floresta estacional no estado de São Paulo (Thomé, 2006; Araujo e Almeida-Santos, 2011; Serrano-Filho, 2012; Araujo et al., 2014; Araujo, 2017; Araujo et al., 2018). A Estação Ecológica de Angatuba apresentou uma menor abundância de lagartos capturados nas armadilhas (cinco indivíduos, quatro espécies; esforço amostral = 1.440 armadilhas) em comparação às observadas em localidades que apresentam fitofisionomias florestais como a Estação Ecológica de Assis (59 indivíduos, sete espécies; esforço amostral = 1.680 armadilhas), Estação Ecológica de Bauru (44 indivíduos, três espécies; esforço amostral = 1.320 armadilhas) e Floresta

Estadual de Pederneiras (59 indivíduos, cinco espécies; esforço amostral = 3.500 armadilhas) (Araujo e Almeida-Santos, 2011; Araujo, 2017; Araujo et al., 2018). A diferença torna-se ainda maior quando essa abundância é comparada às encontradas em outras áreas protegidas que possuem formações abertas de Cerrado, como as Estações Ecológicas do Jataí (136 indivíduos, cinco espécies; esforço amostral = 4.320 armadilhas), Itirapina (167 indivíduos, 12 espécies; esforço amostral = 4.800 armadilhas) e Santa Bárbara (375 indivíduos, 12 espécies; esforço amostral = 7.200 armadilhas). No entanto, é importante considerar que o esforço de amostragem nessas localidades foi maior ao aplicado nesse inventário (Thomé, 2006; Serrano-Filho, 2012; Araujo et al., 2014).

Vários autores demonstraram que no Cerrado, as fitofisionomias florestais possuem uma menor riqueza de espécies e endemismos de lagartos quando comparadas às formações campestres e savânicas (Colli et al., 2002; Nogueira et al., 2005; Thomé, 2006; Nogueira et al., 2009; Araujo et al., 2014). Apesar da relativa simplicidade estrutural existente em grande parte dos ambientes abertos quando comparados aos habitats florestais, as formações abertas desse domínio apresentam a multiplicidade necessária para a coexistência de diversas espécies de lagartos explorando variados microhabitats, propiciando elevados níveis de riqueza de espécies (Colli et al., 2002; Nogueira et al., 2009).

Em inventários da herpetofauna, as armadilhas de interceptação e queda são muito eficazes na captura de anuros e lagartos (Corn, 1994; Cechin e Martins, 2000). Apesar de cobrirem um universo mais restrito de espécies, quando comparadas à busca ativa, amostrando especialmente animais com hábitos terrestres e/ou fossoriais, as armadilhas são responsáveis pelo registro de espécies que raramente são detectadas pela procura visual (Cechin e Martins, 2000; Curcio et al., 2010). Ao admitir a amostragem simultânea de vários ambientes, o método passivo propicia a aquisição de dados padronizados de riqueza e abundância das espécies, fundamentais para a comparação de diferentes localidades (Silveira et al., 2010). Nesse estudo, quatro espécies foram amostradas pelo método passivo e *Salvator merianae* foi registrado por encontro ocasional (Tabela 2). A aplicação simultânea de métodos de amostragem ativa e passiva propicia a obtenção de listas da fauna mais completas, pois amplia o acesso a uma maior diversidade de hábitos das espécies (Curcio et al., 2010; Silva, 2010; Silveira et al., 2010).

3.3 Espécie ameaçada de extinção

Das espécies amostradas nesse estudo, o lagarto *Kentropyx paulensis* é citado na lista de espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (São Paulo, 2018). A espécie foi incluída na categoria “em perigo”, explicitando que apresenta alto risco de extinção na natureza, devido a grandes alterações ambientais, ou significativa redução populacional, ou ainda, pela diminuição em sua área de distribuição (São Paulo, 2018). Considerando as áreas protegidas de Cerrado e floresta estacional no estado que apresentam informações sobre a fauna de lagartos (Estações Ecológicas de Assis, Bauru, Itirapina, Jataí e Santa Bárbara, Floresta Estadual de Pederneiras, Parque Estadual do Morro do Diabo, Cachoeira de Emas no município de Pirassununga e Serra do Japi), *K. paulensis* foi registrado em apenas duas localidades, apresentando uma população relativamente mais abundante (45 indivíduos; esforço amostral = 4.800 armadilhas) apenas na Estação Ecológica de Itirapina (Vanzolini, 1948; Sazima e Haddad, 1992; Dixo et al., 2006; Thomé, 2006; Araujo e Almeida-Santos, 2011; Serrano-Filho, 2012; Araujo et al., 2014; Araujo, 2017; Araujo et al., 2018). Na Estação Ecológica de Santa Bárbara, apesar do maior esforço amostral (7.200 armadilhas), foram capturados apenas seis indivíduos (Araujo et al., 2014). Na Estação Ecológica de Angatuba, apenas um indivíduo jovem foi encontrado em uma área de Cerradão, contrariando estudos anteriores que apontam que a espécie está associada às fitofisionomias abertas de Cerrado e não ocorre nas formações florestais como Mata de Galeria e Cerradão (Nogueira, 2006; Thomé, 2006; Araujo et al., 2014). Dessa maneira, a conservação das áreas amostradas na Estação Ecológica de Angatuba e de outras localidades próximas que apresentem um mosaico de formações campestres, savânicas e florestais de Cerrado são imprescindíveis para a manutenção das populações locais dessa espécie. É importante ressaltar que para a efetiva conservação da fauna de lagartos, não se deve privilegiar apenas áreas em estado avançado de regeneração ou aquelas de maior tamanho, mas também analisar outros atributos como a heterogeneidade espacial e a existência de paisagens únicas (Colli, 2003).

4 AGRADECIMENTOS

Sou grata à responsável técnica (Bárbara H. S. Prado) pelo apoio logístico e aos funcionários da Estação Ecológica de Angatuba (Benedito C. Oliveira, João J. Marques, João B. A. Santos e Valmir Machado) pela grande ajuda durante os trabalhos de campo; ao Décio T. Corrêa Filho pelo auxílio nas etapas iniciais desse estudo; ao Miguel Trefaut Rodrigues pela contribuição na identificação dos espécimes; ao Ciro Koiti Matsukuma pela confecção da Figura 1 e ao Instituto Florestal pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005. 159 p.
- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARAUJO, C.O. Herpetofauna da Estação Ecológica de Bauru, um fragmento de Mata Atlântica no estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 29, n. 1, p. 71-89, 2017.
- _____.; ALMEIDA-SANTOS, S.M. Herpetofauna de um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 3, p. 47-62, 2011.
- _____.; FIGUEIREDO, C.C.; MARTINEZ, R.A.M. Lagartos da Floresta Estadual de Pederneiras, estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 30, n. 1, p. 95-109, 2018.
- _____. et al. Lizards from Estação Ecológica de Santa Bárbara, a remnant of Cerrado in the state of São Paulo, Brazil. **Check List**, v. 10, n. 5, p. 1038-1043, 2014.
- BLOMBERG, S.; SHINE, R. Reptiles. In: SUTHERLAND, W.J. (Ed.). **Ecological census techniques**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 218-226.
- CÂMARA, I.G. Brief history of conservation in the Atlantic forest. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Ed.) **The Atlantic Forest of South America**: biodiversity status, threats, and outlook. Washington: Island Press, 2003. p. 31-42.
- CECHIN, S.Z.; MARTINS, M. Eficiência de armadilhas de queda (Pitfall traps) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, n. 3, p. 729-749, 2000.
- CLAUDINO-SALES, V. (Ed.). **Ecosistemas Brasileiros**: manejo e conservação. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 171-178.
- COLLI, G.R. Estrutura de taxocenoses de lagartos em fragmentos naturais e antrópicos de Cerrado. In: CORN, P.S. Straight-line drift-fences and pitfall traps. In: HEYER, W.R. et al. (Ed.). **Measuring and monitoring biological diversity**: standard methods for amphibians. Washington; London: Smithsonian Institution Press, 1994. p. 109-117.
- _____.; BASTOS, R.P.; ARAÚJO, A.F.B. The character and dynamics of the Cerrado herpetofauna. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a Neotropical Savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p. 223-241.
- COSTA, G.C. et al. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. **Diversity and Distributions**, v. 13, n. 6, p. 714-724, 2007.
- COSTA, H.C.; BÉRNILS, R.S. Répteis do Brasil e suas unidades federativas: lista de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 11-57, 2018.
- CRUMP, M.L.; SCOTT JR, N.J. Standard techniques for inventory and monitoring. In: HEYER, W.R. et al. (Ed.). **Measuring and monitoring biological diversity**: standard methods for amphibians. Washington; London: Smithsonian Institution Press, 1994. p. 84-92.
- CURCIO, F.F. et al. Considerações sobre métodos e critérios empregados em estudos ambientais sobre a herpetofauna. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 187-195, 2010.

- DINIZ-FILHO, J.A.F. et al. Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. **Zoology Studies**, v. 47, n. 2, p. 146-157, 2008.
- DIXO, M.; FUENTES, R.A.G.; BRISOLLA, G. Anfíbios e répteis. In: FARIA, H.H.; PIRES, A.S. (Ed.). **Parque Estadual do Morro do Diabo: plano de manejo**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2006. p. 138-146.
- DURIGAN, G.; RATTER, J.A. Successional changes in Cerrado and Cerrado/Forest ecotonal vegetation in Western São Paulo state, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 63, n. 1, p. 119-130, 2006.
- _____.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C. Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. **Brazil Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 355-363, 2007.
- _____. et al. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 371-383, 2000.
- FARIA, H.H.; PIRES, A.S. **Parque Estadual do Morro do Diabo: plano de manejo**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2006. 311 p.
- FORLANI, M.C. et al. Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 265-308, 2010.
- FRANCO, G.A.D.C. et al. Vegetação. In: MONTEIRO, C.H.B.; PRADO, B.H.S.; DIAS, A.C. (Ed.). **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Angatuba**. São Paulo: Instituto Florestal/SEMA, 2009. p. 107-117.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspot status: an overview. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Ed.) **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press, 2003. p. 3-11.
- GALLAGHER, D.S.; DIXON, J.R. Taxonomic revision of the South American lizard genus *Kentropyx* Spix (Sauria, Teiidae). **Museo Regionale di Scienze Naturali Bollettino**, v. 10, n. 1, p. 125-171, 1992.
- HADDAD, C.F.B. et al. **Guia dos anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia**. São Paulo: Anolis Books, 2013. 543 p.
- HANSKI, I. Metapopulation dynamics. **Nature**, v. 396, n. 6706, p. 41-49, 1998.
- HRDINA, A.; ROMPORTL, D. Evaluating global biodiversity hotspots – very rich and even more endangered. **Journal of Landscape Ecology**, v.10, n. 1, p. 108-115, 2017.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis. In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: ICMBio, 2018. p. 1-252.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2019-3. Cambridge: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2019. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- JACKSON, J.F. Differentiation in the genera *Enyalius* and *Strobilurus* (Iguanidae): implications for pleistocene climatic changes in eastern Brazil. **Arquivos de Zoologia**, v. 30, n. 1, p. 1-79, 1978.
- JOHNSON, M.A.; SARAIVA, P.M.; COELHO, D. The role of gallery forests in the distribution of Cerrado mammals. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 3, p. 421-427, 1999.
- KIEFER, M.C.; SAWAYA, R.J.; MARTINS, M. Lista de espécies de répteis: lagartos. In: REIS, C.M.; ZANCHETTA, D. (Ed.). **Plano de Manejo Integrado das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina/SP**. São Paulo: Fundação Florestal/Instituto Florestal/SEMA, 2006. p. 85.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K. **Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal/Imprensa Oficial, 2005. 200 p.

LEITÃO-FILHO, H.F. Aspectos taxonômicos das florestas do estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 16A, n. 1, p. 197-206, 1982.

_____. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. **Instituto de Pesquisa de Estudos Florestais**, v. 35, p. 41-46, 1987.

MITTERMEIER, R.A. et al. **Hotspots revisited**: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington: CEMEX, 2005. 392 p.

MONTEIRO, C.H.B.; PRADO, B.H.S.; DIAS, A.C. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Angatuba**. São Paulo: Instituto Florestal/SEMA, 2009. 247 p.

MORELLATO, L.P.C.; HADDAD, C.F.B. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000.

NOGUEIRA, C.C. **Diversidade e padrões de distribuição da fauna de lagartos do Cerrado**. 2006. 295 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____.; COLLI, G.R.; MARTINS, M. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**, v. 34, n. 1, p. 83-96, 2009.

_____.; VALDUJO, P.H.; FRANÇA, F.G.R. Habitat variation and lizard diversity in a Cerrado area of Central Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 2, p. 105-112, 2005.

_____. et al. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 10, p. 1907-1922, 2011.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a Neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.

PIVELLO, V.R. et al. Abundance and distribution of native and alien grasses in a Cerrado (Brazilian savanna) biological reserve. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 71-82, 1999.

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Planaltina: EMBRAPA, 2008. p. 153-212.

RIBEIRO-JÚNIOR, M.A.; AMARAL, S. Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. III. Anguidae, Scincidae, Teiidae. **Zootaxa**, v. 4205, n. 5, p. 401-430, 2016.

RIBEIRO, M.C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

_____. et al. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F.E.; HABEL, J.C. (Ed.). **Biodiversity Hotspots**: distribution and protection of conservation priority areas. Heidelberg: Springer, 2011. p. 405-434.

SANO, E.E. et al. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113-124, 2010.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 63.853, de 27 de novembro de 2018. Declara as espécies da fauna silvestre no Estado de São Paulo regionalmente extintas, as ameaçadas de extinção, as quase ameaçadas e as com dados insuficientes para avaliação e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 128, n. 221, 29 nov. 2018. Seção I, p. 1-11.

SAZIMA, I.; HADDAD, C.F.B. Répteis da Serra do Japi: notas sobre história natural. In: MORELLATO, L.P.C. (Ed.). **História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas: Editora UNICAMP e FAPESP, 1992. p. 212-236.

SCARANO, F.R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 517-524, 2002.

SERRANO-FILHO, S. **Diversidade e distribuição dos lagartos de uma área de ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica, no sudeste do Brasil**. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.

SILVA, F.R. Evaluation of survey methods for sampling anuran species richness in the Neotropics. **South American Journal of Herpetology**, v. 5, n. 3, p. 212-220, 2010.

SILVA, J.M.C.; BATES, J.M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.

SILVEIRA, L.F. et al. Para que servem os inventários de fauna? **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 173-207, 2010.

THOMÉ, M.T.C. **Diversidade de anuros e lagartos em fisionomias de Cerrado na região de Itirapina, sudeste do Brasil**. 2006. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

UETZ, P.; FREED, P.; HOŠEK, J. **The Reptile Database (2020)**. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

VANZOLINI, P.E. Notas sobre os ofídios e lagartos da Cachoeira de Emas, no município de Pirassununga, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 8, n. 3, p. 377-400, 1948.

VERDADE, V.K. et al. A leap further: the Brazilian Amphibian Conservation Action Plan. **Alytes**, v. 29, n. 1-4, p. 28-43, 2012.

VITT, L.J. et al. Detecting variation in microhabitat use in low-diversity lizard assemblages across small-scale habitat gradients. **Journal of Herpetology**, v. 41, n. 4, p. 654-663, 2007.

ZAHER, H. et al. Répteis do Estado de São Paulo: conhecimento atual e perspectivas. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1a, p. 1-15, 2011.

INFLUENCE OF SOIL TYPE ON WOOD DENSITY AND MEAN ANNUAL INCREMENT IN TWO COMMERCIAL *Eucalyptus* CLONES¹

INFLUÊNCIA DO TIPO DE SOLO NA DENSIDADE DA MADEIRA E INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM DOIS CLONES COMERCIAIS DE *Eucalyptus*

Gustavo Torres Galvão da SILVA^{2,5}; Karina MARTINS²; Larissa de Lima BELINAZI²; Alex Passos dos SANTOS³; Márcio ROSSI⁴; Eduardo Luiz LONGUI⁴

ABSTRACT - In forest plantations, the productive potential of a given site results from the interaction between genetic materials and environmental conditions. Both are fundamental factors for wood quality and Mean Annual Increment. Knowing the performance of different *Eucalyptus urophylla* commercial clones under different soil conditions is important for forest planning. Our objective is to evaluate the influence of soil types on Wood Basic Density and Mean Annual Increment - MAI in two *E. urophylla* clones. We analyzed the Wood Basic Density of 3- to 8-year-old trees and MAI from two clones grown in four soil types in 14 localities of São Paulo state. ANOVA and Tukey test at 5% probability were performed to test the effect of soil type on Wood Basic Density and MAI. Linear and exponential regression equations were performed between Wood Basic Density x MAI and between MAI x Clay Content, respectively. In general, some soils showed significant differences in Wood Basic Density, possibly from climatic variation among sites. Also, the MAI increased exponentially with increase of Soil Clay Content (up to about 25 to 35% of clay), but no correlation was observed between MAI and Wood Density.

Keywords: *Eucalyptus*; Forestry; Reforestation Species; Tree growth; Wood properties; Wood quality.

RESUMO - Nas plantações florestais, o potencial produtivo de um determinado local resulta da interação entre materiais genéticos e condições ambientais. Ambos são fatores fundamentais para a qualidade da madeira e Incremento Médio Anual. O conhecimento do desempenho de diferentes clones comerciais de *Eucalyptus urophylla* em diferentes condições do solo é importante para o planejamento florestal. O objetivo foi avaliar a influência dos tipos de solo na densidade básica da madeira e no Incremento Médio Anual - MAI em dois clones de *E. urophylla*. Analisou-se a densidade básica da madeira de árvores de 3 a 8 anos e o MAI de dois clones cultivados em quatro tipos de solo em 14 localidades do estado de São Paulo. Os testes de ANOVA e Tukey, com 5% de probabilidade, foram realizados para testar o efeito do tipo de solo na densidade básica da madeira e no MAI. Equações de regressão linear e exponencial foram realizadas entre densidade básica da madeira x MAI e entre MAI x teor de argila, respectivamente. Em geral, alguns solos apresentaram diferenças significativas na densidade básica da madeira, possivelmente devido à variação climática entre os locais. Além disso, o MAI aumentou exponencialmente com o aumento do teor de argila do solo (até cerca de 25 a 35%), mas não foi observada correlação entre o MAI e a densidade da madeira.

Palavras-chave: Eucalipto; Silvicultura; Espécies de reflorestamento; Crescimento de árvores; Propriedades da madeira; Qualidade da madeira.

¹ Recebido para análise em 13.05.2020. Aceito para publicação em 24.08.2020.

² Universidade Federal de São Carlos, Rod. João Leme dos Santos, km 110, 18052-780, Sorocaba, SP, Brazil.

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Av. Universitária 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brazil.

⁴ Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brazil.

⁵ Corresponding author: Gustavo Torres Galvão da Silva - gtorres_galvao@hotmail.com

1 INTRODUCTION

Eucalyptus stands out as the main source of pulp and paper in Brazil owing to its high growth rate and good adaptation to Brazilian environmental conditions. With the expansion of forest plantations in Brazil, the development of genetic improvement programs for cellulose production has grown, and among the innumerable objectives of these programs, a key target is the improvement of wood density (Hein et al., 2012), essentially because it directly affects yield during pulp production, as well as cellulose quality, which, in turn, influences digester productivity, wood volumetric consumption and tailings content (Silva Junior et al., 1993; Silva et al., 1997; Gava, 2005). Wood density strongly influences the pulping process and cellulosic pulp quality (Fantuzzi Neto, 2012; Feuchard, 2015). Gomide et al. (2010) observed that higher wood densities provided lower specific consumption of wood, which favored cellulose production in the digester and the maintenance of chip pile volumes in factories. Thus, wood density could easily serve as an indicator of the specific consumption of wood in the cellulose and paper industry (Queiroz et al., 2004), a metric useful in predicting the quantity of reagents in chips. Therefore, the estimation of wood density turns out to be extremely important for the cellulose sector (Gallo et al., 2018).

In addition, the precise assessment of wood characteristics helps in choosing appropriate genetic materials for specific conditions of climate, soil, growth, wood quality and wood destination (Sturion et al., 1987; Borges, 2012). Several studies have found an association between growth rate and wood quality and edaphoclimatic conditions (Ferreira and Kageyama, 1978; Marcati et al., 2001; Gava and Gonçalves, 2008; Gouvea et al., 2012; West, 2014; Sette Junior et al., 2016). Other studies also demonstrated that the environmental quality of the area directly affects forest productivity. More specifically, the increase in growth rate influences the formation of juvenile tissue, altering fiber features, thus causing differences in basic density (Larson et al., 2001). Santana et al. (2012) also reported that basic density of *Eucalyptus urophylla* increased with age, with marked differences between clones, indicating strong genetic control for this character. Strong age-age correlation for wood density at clone level was also reported for *E. grandis* (Osorio et al., 2003).

Breeders face the challenge of achieving reasonable genetic gains in both productivity, which is commonly measured by mean annual increment, and wood density. Even more difficult is the identification of clones that are adapted to the environmental conditions of planting sites. As well discussed in the classical book of Zobel and Talbert (1984), the common sense is that growth rate is inversely proportional to wood density. However, for *Eucalyptus* species, the published results are inconsistent. Indeed, some have reported a significant negative correlation between these characteristics (McDonald et al., 1997; Costa and Silva et al., 2009; Hein et al., 2012), while other authors found no correlation (Muneri and Raymond, 2000; Gallo et al., 2018). Complicating the matter even more, the same studies found that varying environmental conditions at planting sites could differentially affect growth rate and wood density.

Therefore, it is in this context that we seek to analyze and discuss the influence of soil type on Wood Basic Density and Mean Annual Increment in two clones of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Here, we aimed to i) characterize Wood Density in three age classes, ii) measure the Mean Annual Increment in relation to soil type and iii) correlate MAI with soil Clay Content and wood density.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Study sites

The experimental plantations of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake evaluated in this study are located on the properties of International Paper Brasil, in different municipalities of São Paulo state, southeastern Brazil (Figure 1, Table 1). The fifteen stands were planted under varying climatic conditions and in four soil types (Table 1): Quartzarenic Neossol (RQ), Red Latosol (LV), Red Yellow Latosol (LVA) and Red Yellow Argisol (PVA), coded in accordance with the Brazilian System of Soil Classification SiBCS (EMBRAPA, 2019). The correspondence of SiBCS classes (Santos et al., 2018) with WRB/FAO and with Soil Taxonomy is presented in Table 2. Soil types and geographic locations per site were obtained from the International Paper Brasil database. Average precipitation data were obtained from the National Institute of Meteorology (National Institute of Meteorology, 2019).

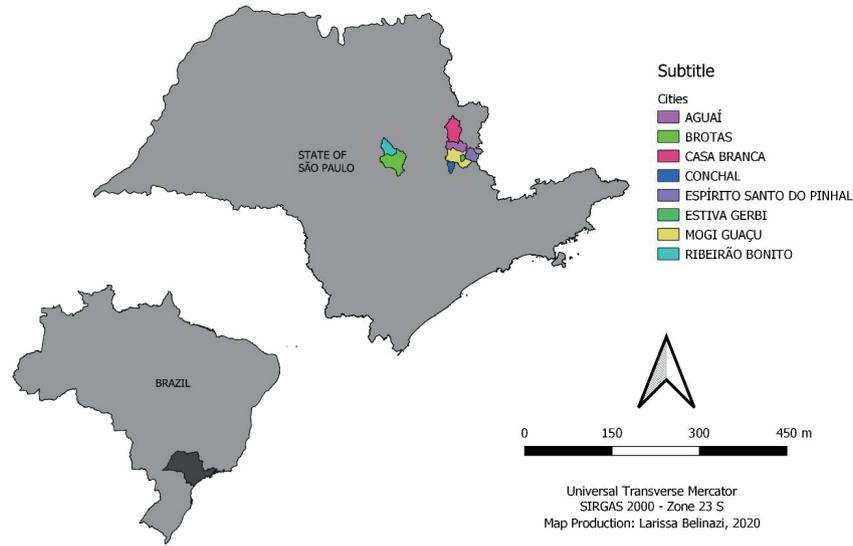


Figure 1. Location of experimental stands of *Eucalyptus urophylla* in São Paulo state, Brazil.

Figura 1. Localização dos talhões experimentais de *Eucalyptus urophylla* no estado de São Paulo, Brasil.

Table 1. Geographic and edaphoclimatic information of the evaluated *Eucalyptus urophylla* experimental stands.

Tabela 1. Informações geográficas e edafo-climáticas dos talhões experimentais de *Eucalyptus urophylla* avaliados.

Municipality	Farm	Soil type	Longitude	Latitude	Altitude	Mean annual precipitation (mm)
Espírito Santo do Pinhal	Paineiras	PVA	46W 54' 36"	22S 10' 52"	660	888
Estiva Gerbi	Nossa Senhora das Graças	PVA	47W 57' 29"	22S 16' 27"	647	1337
Mogi Guaçu	São Marcelo	PVA	47W 48' 21"	22N 14' 25"	647	1337
Mogi Guaçu	Nova Louzã	PVA	47W 53' 52"	22N 12' 31"	647	1337
Conchal	Ouro Verde	LVA	46W 55' 45"	22S 19' 04"	684	1273
Casa Branca	Mairiporã	LVA	47W 53' 16"	21S 02' 23"	684	1273
Mogi Guaçu	Mogi Guaçu	LVA	46W 56' 53"	22S 22' 01"	591	1300
Mogi Guaçu	Santa Terezinha	LVA	46W 27' 28"	22S 18' 21"	870	1531
Mogi Guaçu	Nossa Senhora Aparecida	LVA	46W 30' 22"	22S 18' 52"	622	1365
Casa Branca	Areia Branca	LVE	47W 50' 21"	22S 00' 53"	590	1589
Aguaí	Gigante	LVE	46W 51' 09"	22S 04' 38"	617	1589
Brotas	Santa Fé C	RQ	48W 21' 44"	22S 02' 14"	617	1344
Brotas	Santa Fé A	RQ	48W 23' 41"	22S 30' 18"	617	1344
Brotas	Santa Fé B	RQ	48W 00' 13"	22S 21' 25"	617	1344
Ribeirão Bonito	Santa Fé H	RQ	48W 45' 19"	22S 16' 56"	617	1344

PVA: Red Yellow Argisol; LVA: Red Yellow Latosol; LVE: Red Latosol; RQ: Quartzarenic Neossol

PVA: Argisol Vermelho Amarelo; LVA: Latosolo Vermelho Amarelo; LVE: Latosolo Vermelho; RQ: Neossolo Quartzarênico.

Table 2. Correspondence of SiBCS soil classes with WRB/FAO and Soil Taxonomy.

Tabela 2. Correspondência entre classes de solo do SiBCS, com WRB/FAO e com a Taxonomia do solo.

Classification system		Soil types		
SiBCS	Quartzenic Neossol (RQ)	Red Yellow Latosol (LVA)	Red Latosol (LVE)	Red Yellow Argisol (PVA)
WRB/FAO	Arenosols	Ferralsols	Ferralsols	Lixisols
Soil Taxonomy	Entisols (Quartzipsamments)	Oxisols	Oxisols	Ultisols

All 15 stands are commercial plantations of *E. urophylla* with the same 3.0×2.5 m spacing and identical silvicultural treatments, including fertilization, as well as ant and weed control, according to International Paper Brasil standard protocols. We evaluated Mean Annual Increment - MAI and wood basic density in two *E. urophylla* clones grown in four soil types. Estimations of MAI per clone and per site and clay content per stand were provided by International Paper Brasil for statistical analyses. We did not report detailed values for MAI per clone or MAI per site because these data are under proprietary control.

2.2 Wood Basic Density

We measured basic density in trees from ages 3 to 8 years. We selected three trees from each plot, totaling 197 samples, 91 from clone 1 and 106 from clone 2. For each stand, selected trees had Diameter at Breast Height - DBH within one standard deviation of the average DBH estimated in the inventory. Samples were taken at positions 25%, 50% and 75% of trunk commercial height, an acceptable range is 28 to 32m and then chips were obtained, thus forming a composite sample (Figure 2). We used the Maximum Moisture Content method NBR 11941 (ABNT, 2003) to determine basic density and kiln-dried mass at 105 ± 2 °C per unit of maximum volume of wood in discs or chips.

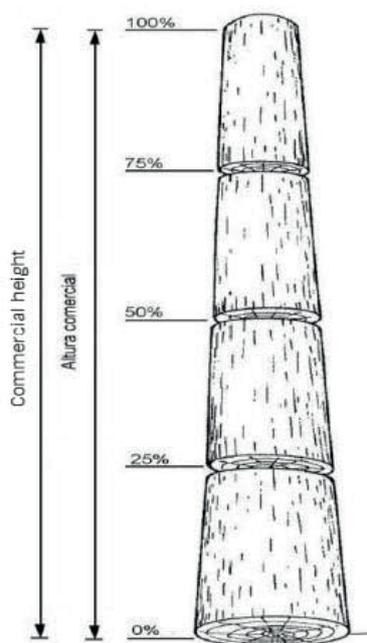


Figure 2. Schematic representation of disc collection in each tree. Source: (adapted from Costa, 2011).

Figura 2. Esquema de coleta de discos em cada árvore. Fonte: (adaptado de Costa, 2011).

2.3 Mean Annual Increment - MAI

MAI estimations were provided by International Paper Brasil through annual inventories that measured Height - H and DBH over the years. In inventories, 9 ha plots were assembled within each stand where DBH was measured with a caliper, and height was measured with a Vertex IV hypsometer (Pacforest Supply Co., Springfield, OR). Tree volumes were calculated based on the formula proposed by Schumacher-Hall (Batista et al., 2014), following Eq. 1.

$$Vol = \exp(b_0 + b_1 * DBH + b_2 * H) \quad \text{Eq. 1}$$

where b_0 , b_1 and b_2 are confidential information from International Paper, and H is tree height (m).

The volume per hectare was calculated by multiplying the number of plants per hectare in each stand by the average tree volume. Then, the MAI was calculated by dividing volume per hectare by the age of planting. MAI was estimated from age 3 to 8 years.

2.4 Data Analyses

We initially undertook descriptive statistical analysis and used boxplots to detect outliers for the variables MAI and basic density. Thus, values 1.5 times higher than the 3rd quartile and values 1.5 times lower than the 1st quartile were considered outliers and were excluded from the analysis. Shapiro-Wilk tests were performed to check the distribution of data, and when a normal distribution was not observed, data were square-root transformed. To evaluate the variation of basic density with age, we grouped data into three age classes, 3-4 years, 5-6 years and 7-8 years. Then parametric

one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc test was performed to compare ages for each clone. Subsequently, for each age class, we compared clones with t-tests. To evaluate the variation of basic density and MAI with soil type, we used data from the 5-6-year age class for both clones. For that, we used ANOVA and Tukey's post-hoc test. Pearson's correlations and simple regressions between MAI and clay content and between wood density and MAI were carried out.

3 RESULTS

3.1 Wood Density

Wood Basic Density increased with age, varying from 468 kg.m⁻³ at 3 to 4 years old to 518 kg.m⁻³ at 7 to 8 years old for clone 1 ($F = 47.381$, $P < 0.001$) and from 472 kg.m⁻³ at 3 to 4 years old to 536 kg.m⁻³ 7 to 8 years old for clone 2 ($F = 65.152$, $P < 0.001$) (Figure 3a-b).

When comparing clones of the same age, significant differences were observed only in trees at 7 to 8 years old. Clone 2 presented denser wood (536.6 kg.m⁻³) than clone 1 (520.5 kg.m⁻³) at this age (Figure 4).

Both clones presented higher density in LVA soil (504 and 512 kg.m⁻³ for clone 1 and clone 2, respectively), while clone 2 had a lower density when grown in PVA soil (Figure 5). Except for PVA, where both clones had similar densities, clone 2 showed higher density than clone 1 in all soil types (Figure 6).

3.2 Mean Annual Increment

For both clones, a variation in MAI according to soil types was observed with RQ showing the lowest growth (Figure 7).

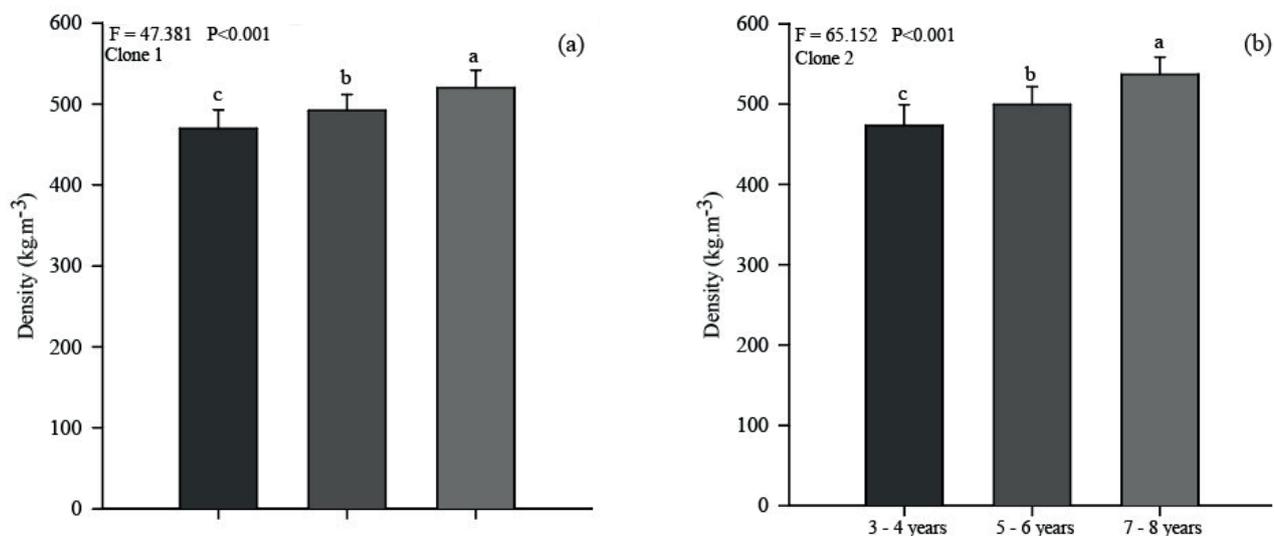


Figure 3. Comparison of basic density in different age classes (3-4, 5-6 and 7-8 years) in Clone 1 (a) and Clone 2 (b) of *Eucalyptus urophylla*. Different letters indicate that they statistically differ by Tukey's test ($p < 0.05$). Bars represent the standard deviations.

Figura 3. Comparação da densidade básica nas diferentes classes de idade (3-4, 5-6 e 7-8 anos) no Clone 1 (a) e Clone 2 (b) de *Eucalyptus urophylla*. Letras distintas diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Barras representam o desvio padrão.

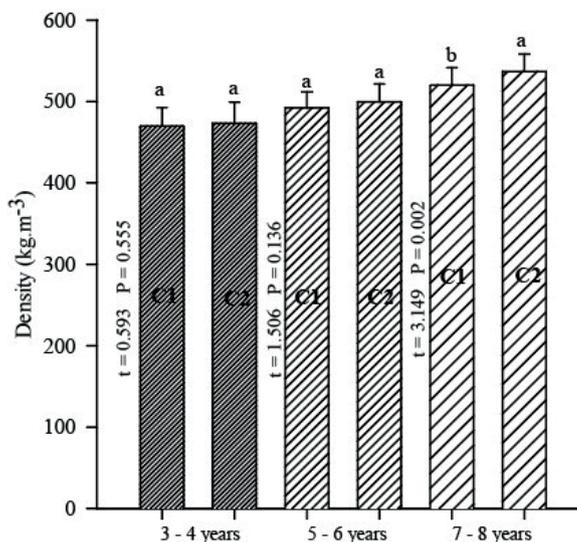


Figure 4. Comparison of basic density between two clones (C1 and C2) in *Eucalyptus urophylla* in different age classes (3-4, 5-6 and 7-8 years). Same letters indicate that the two clones do not differ statistically by t test. Probability values are represented alongside the columns. Bars represent the standard deviations.

Figura 4. Comparação da densidade básica entre os dois clones (C1 e C2) de *Eucalyptus urophylla* em diferentes classes de idade (3-4, 5-6 e 7-8 anos). Letras iguais indicam que os dois clones não diferem estatisticamente pelo teste t, os valores de probabilidade são representados ao lado das colunas. Barras representam o desvio padrão.

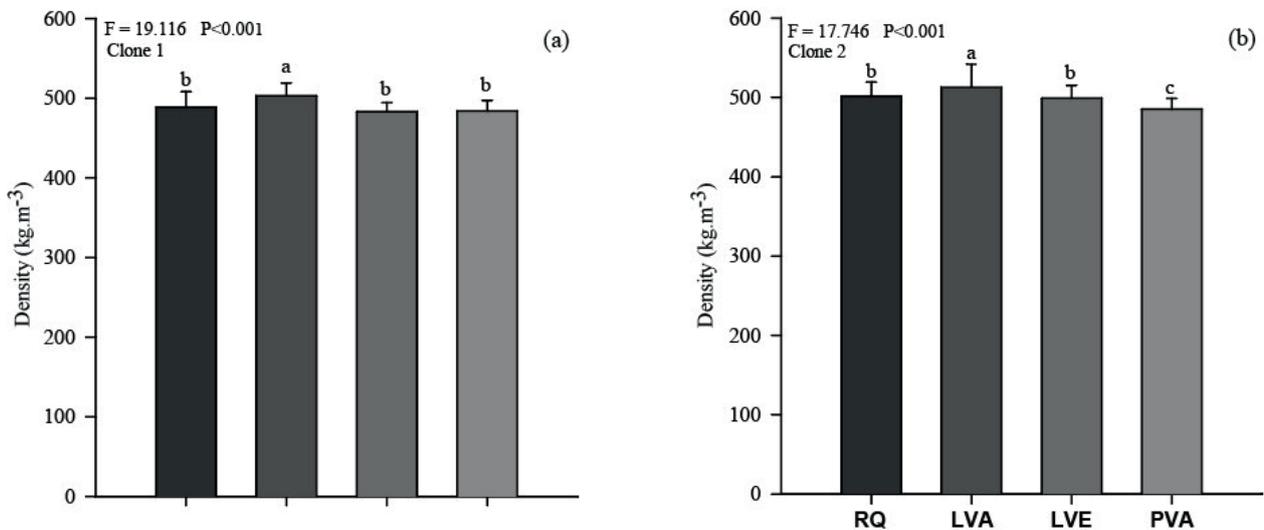


Figure 5. Comparison of basic density in four soil types in Clone 1 (a) and Clone 2 (b) of *Eucalyptus urophylla* at 5 to 6 years. Same letters indicate that the columns do not differ statistically by the Tukey test ($p < 0.05$). Bars represent the standard deviations. Soil types are RQ: Quartzarenic Neossol; LVA: Red Yellow Latosol; LVE: Red Latosol and PVA: Red Yellow Argisol.

Figura 5. Comparação da densidade básica nos quatro tipos de solo no Clone 1 (a) e Clone 2 (b) de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade. Letras iguais indicam que as colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($<0,05$). Barras representam o desvio padrão. Os tipos de solo são: RQ: Neossolo Quartzarênico; LVA: Latosolo Vermelho Amarelo; LVE: Latosolo Vermelho e PVA: Argisolo Vermelho Amarelo.

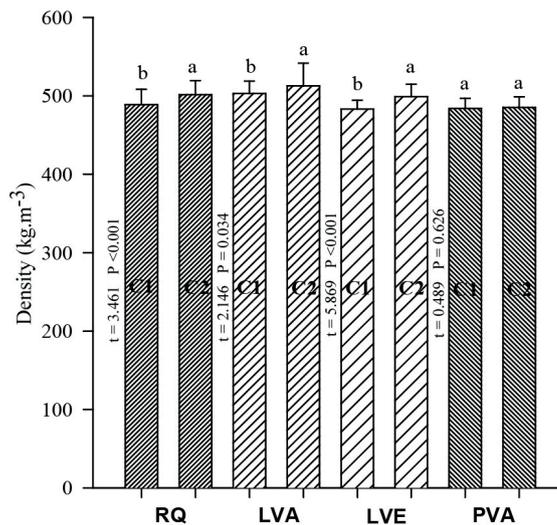


Figure 6. Comparison of basic density between clones 1 (C1) and 2 (C2) in *Eucalyptus urophylla* at 5 to 6 years in different soil types. Same letters indicate that the clones do not differ statistically by t test. Probability values are represented alongside the columns. Bars represent standard deviations. Soil types are RQ: Quartzarenic Neossol; LVA: Red Yellow Latosol; LVE: Red Latosol and PVA: Red Yellow Argisol.

Figura 6. Comparação da densidade básica entre os clones 1 (C1) e 2 (C2) em *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade nos diferentes tipos de solo. Letras iguais indicam que os clones não diferem estatisticamente pelo teste t, os valores de probabilidade são representados ao lado das colunas. Barras representam o desvio padrão. Os tipos de solo são: RQ: Neossolo Quartzarênico; LVA: Latosolo Vermelho Amarelo; LVE: Latosolo Vermelho e PVA: Argisolo Vermelho Amarelo.

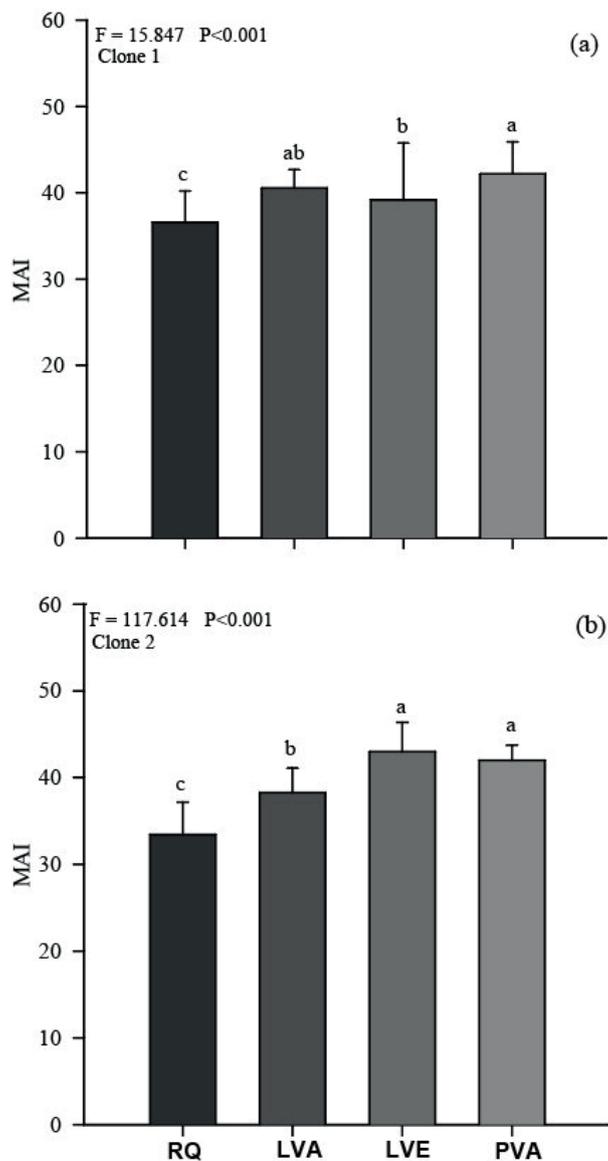


Figure 7. Comparison of Mean Annual Increment - MAI of *Eucalyptus urophylla* Clone 1 (a) and Clone 2 (b) at 5 to 6 years old grown in different soil types. Same letters indicate that the clones do not differ statistically by the Tukey test (<0.05). Bars represent standard deviations. Soil types are RQ: Quartzarenic Neossol; LVA: Red Yellow Latosol; LVE: Red Latosol and PVA: Red Yellow Argisol.

Figura 7. Comparação do Incremento Médio Anual - IMA no Clone 1 (a) e Clone 2 (b) de *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade. Letras iguais indicam que os clones não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey (<0,05). Barras representam o desvio padrão. Os tipos de solo são: RQ: Neossolo Quartzarênico; LVA: Latosolo Vermelho Amarelo; LVE: Latosolo Vermelho e PVA: Argisol Vermelho Amarelo.

Clone 1 and clone 2 had similar growth rates in PVA soil, but clone 1 grew better in RQ and LVA than clone 2 (Figure 8). Higher MAI value in clone 2 in comparison with clone 1 was observed only when they were grown in LVE (Figure 8).

It was observed a positive relationship between MAI and Clay Content (Figure 9).

It was not observed significant relationships between Wood Density and MAI in the two *E. urophylla* clones (Figure 10).

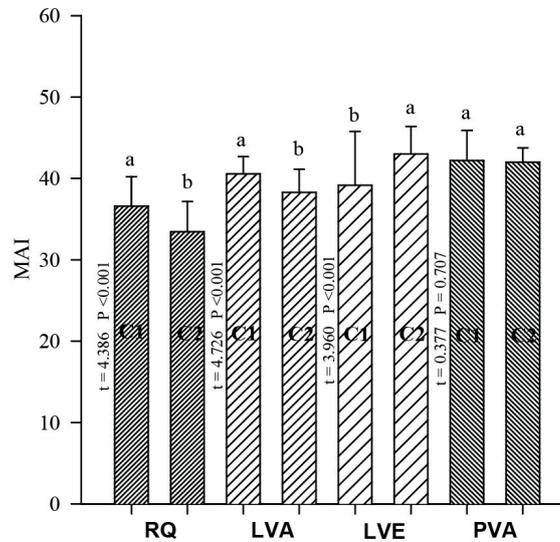


Figure 8. Comparison of Mean Annual Increment – MAI between clones 1 (C1) and 2 (C2) in *Eucalyptus urophylla* at 5 to 6 years in different soil types. Same letters indicate that the clones do not differ statistically by t test. Probability values are represented alongside the columns. Bars represent standard deviations. Soil types are RQ: Quartzarenic Neossol; LVA: Red Yellow Latosol; LVE: Red Latosol and PVA: Red Yellow Argisol.

Figura 8. Comparação do Incremento Médio Anual - IMA entre os clones 1 (C1) e 2 (C2) em *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 de idade nos diferentes tipos de solo. Letras iguais indicam que os clones não diferem estatisticamente pelo teste t, os valores de probabilidade são representados ao lado das colunas. Barras representam o desvio padrão. Os tipos de solo são: RQ: Neossolo Quartzarênico; LVA: Latosolo Vermelho Amarelo; LVE: Latosolo Vermelho e PVA: Argisol Vermelho Amarelo.

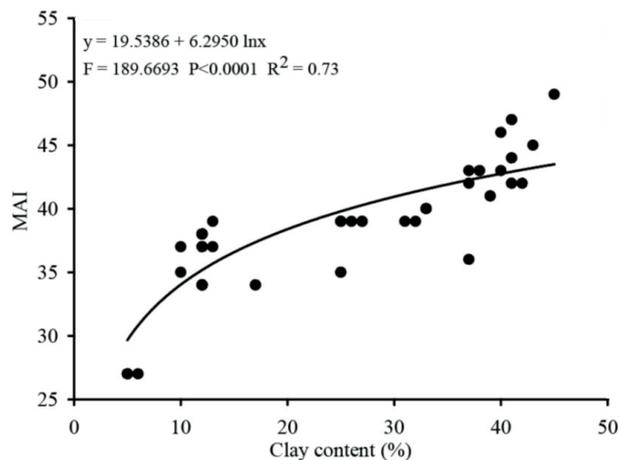


Figure 9. Relationship of Mean Annual Increment - MAI as a function of Clay Content in *Eucalyptus urophylla* at 5 to 6 years.

Figura 9. Relação do Incremento Médio Anual - IMA em função do Teor de Argila em *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade.

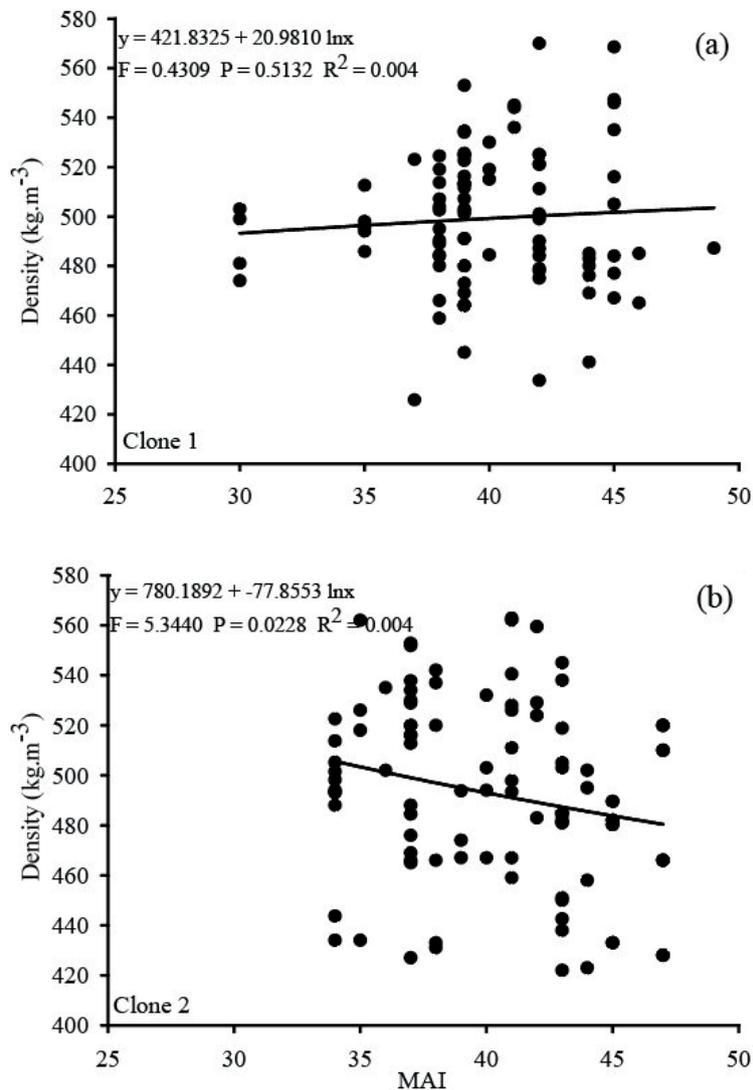


Figure 10. Relationship of Mean Annual Increment - MAI as a function of Basic Density in clone 1 (a) and clone (b) of *Eucalyptus urophylla* at 5 to 6 years.

Figura 10. Relação do Incremento Médio Anual - IMA em função da Densidade Básica no clone 1 (a) e clone 2 (b) em *Eucalyptus urophylla* aos 5-6 anos de idade.

4 DISCUSSION

Wood basic density was higher in 7 to 8-year-old trees. Sette Júnior et al. (2012) also observed a significant increase in *Eucalyptus grandis* basic density from the 2nd to the 6th year. This increase in density occurs as the adult wood is formed, mainly from changes in vascular cambium, such as an increase in fiber wall thickness and reduction in vessel density (Tomazello Filho, 1985; Trugilho et al., 1996;

Castro Silva et al., 2004). Significant variation in basic density according to soil type was verified. Higher basic density was observed in LVA soil. In the pulp and paper industry, assessments of selected basic density must be very accurate about chip impregnation and process yield. Such assessments are usually associated with quality characteristics and physical strength of the pulp. Therefore, low density is considered a value close to 447 kg.m⁻³, while high density is considered a value close to 552 kg.m⁻³ (Queiroz et al., 2004).

Density variation by soil type was higher in clone 2, the highest ones being related to LVA, in both clones and lowest values in PVA of clone 2. Clone 2 was higher in density values in all soil types evaluated. The largest variations of standard deviation occurred in LVA soil for both clones. This variation may be associated with textural variation presented within same soil unit, as in LVA and PVA. The sandy texture seems to favor wood density due to lower annual growth rate presented. This textural variation presented in LVA displaces the data, sometimes approaching RQ (sandy), due to medium thick texture of LVA, sometimes due to finer average texture of LVA. The same must occur with PVA and its textural variation within the soil class. Mean annual increment, on the other hand, behaved with higher values in LV, which presents a more homogeneous texture (average), in case of clone 2, in relation to LVA (medium to clayey texture) and PVA (sandy / medium and medium texture). The lower increase remains with sandy soils (RQ). For clone 1, the medium and clayey textures, from deepest and most homogeneous soils (LV and LVA), highlight higher values of mean annual increment. The relationship of these wood attributes with soil attributes can be indicating variations in accumulation and in disposition of water and nutrients during the year, (texture and structure of soil, they can indicate porosity and friability of these materials), that would affect directly in tree growth.

The result of our study differs from Gava and Gonçalves (2008) who reported that basic density of *Eucalyptus grandis* trees at 6.5 to 7 years old did not vary with soil types, different result may be due to they are different species. However, the authors reported that clay content, which influences water holding capacity, was the soil characteristic that most affected productivity and wood quality. Wood density may be influenced by soil types because of differences in some physical and/or physical-hydric characteristics, such as texture, homogeneous or heterogeneous arrangement of layers in depth, structure and porosity (Gava, 2005). Frederico (2009) did not find any difference in wood density in 7-year-old *Eucalyptus* sp. clones between regions, despite the variation in soil fertility and rainfall across regions. Environmental conditions other than soil type may

have influenced basic density in our study. That is, other edapho-bioclimatic characteristics, such as texture, retention and availability of water may have affected wood density.

Mean Annual Increment - MAI also varied according to the soil type. For both clones, the worst MAI occurred in stands established in RQ soil. According to Zuo et al. (2008), Quartzarenic Neossols (RQ) in the municipalities of Brotas and Ribeirão Bonito in our study (Table 1) present low water and nutrient holding capacity and high erodibility, and such soils are, therefore, considered ecologically fragile. RQ also presents sand or sand texture up to 2 m deep and a clay content of less than 15%. Gava and Gonçalves (2008) observed that wood production in 7-year-old *Eucalyptus grandis* stands in the state of São Paulo varied with soil class and texture such that the lowest productivity was found in RQ and highest in LVA, which is very clayey. This study did find a positive correlation between MAI and clay content, a relationship that was also reported by Gava and Gonçalves (2008) and Braga et al. (1999).

According to Rocha (2018), drier locations would result in greater wood densities by the decrease in growth rate, but the author points out that this behavior can be intrinsic to each genetic material. Indeed, our study did not find a significant association between wood density and MAI (Figure 10). Rocha (2018) also did not observe that a higher wood density was associated with lower MAI in *E. urophylla* clones. Vigneron et al. (1995) drew similar conclusions, as sometimes higher MAI was associated with lower basic density, and this relationship was the inverse at other times. In *Eucalyptus grandis*, Ferreira et al. (1978) found lower basic density in more productive sites where trees exhibited greater growth potential.

For a better understanding about influences on the wood studied, some consideration of soil types is necessary. Latosols and Quartzarenic Neossols are weathered soils and present marked characteristics, such as low nutrient content, high acidity and the predominance of low activity clays (kaolinites and Fe and Al oxy-hydroxides) (Frazão et al., 2008). For our soils, according to Rossi (2017), Red -Yellow Argisol (PVA, Espírito Santo Pinhal and Mogi Guaçu regions, Table 1) texture varies from medium-sandy and medium, or medium-clayey, to

abrupt medium-sandy, constituting a wide variation in infiltration-defluvium ratio (also according to the slope of the terrain). Specific water dynamics for PVA soils depends on the texture, which is quite variable. Likewise, the porosity and structure of these soils influence infiltration, retention and availability of water. Normally, these soils present low activity clay and high base saturation. Also, they may have been formed from different source materials in areas of flat to mountainous relief. Most PVA soils show an evident increase in clay in depth content (EMBRAPA, 2019). The texture of Red Latosols (LVE) and Red-Yellow Latosols (LVA, Mogi Guaçu, Aguaí and Casa Branca regions, Table 1) is sandy-clay with high levels of iron and aluminum oxides (EMBRAPA, 2006). Latosols are red, orange or yellow-colored soils, varying according to the amount and type of iron oxide present. They are very deep, friable, and porous, of variable texture, with low activity clay, and characterized as strongly weathered soils, thus presenting a very uniform morphology along the profile, with transition between horizons hardly visible (Silva et al., 2006).

In our case, LVA has a texture varying from medium to clayey, which can influence development of plants, considering that clayey soils can retain higher moisture content and, therefore, make more water available to plants, or decrease time of exposure to stress, owing to a lack of water in the system in drier periods. LV soils all exhibit medium texture, which, in theory, would provide less water than clayey soils, but more than RQ soils, even though similar to RQ data. PVA has a varied texture, some with thick sandy layers on the surface and others with medium texture. However, all soils of this class have a certain accumulation of clay in the subsurface, producing better water storage conditions, thereby providing variation in infiltration, retention and water availability. According to Rossi (2017), these conditions constitutes a wide variation of infiltration / defluvium ratio (also according to slope of terrain) and a specific water dynamic for each texture. The porosity and structure of these soils influence water infiltration, retention and availability, requiring more soil studies to better understand existing relationships.

5 CONCLUSION

Basic Wood Density from different clones is influenced in all analyzed regions, showing variations between clones and between trees of each clone, allowing us to infer that basic wood density is a property very influenced by environmental conditions, making anatomical and chemical studies necessary to understand climate x wood quality relationship. The Basic Density was higher for sandy soils, in this case, Mean Annual Increment was improved by soil attributes. For MAI, productivity is probably related to soil class and texture because both higher clay content and climatic conditions contribute to the higher growth. Based on the MAI x Wood Density correlation, for both clones, no interaction was indicated, but the highest wood density was linked to the lowest forest productivity. Clone 2 in terms of density, it is denser than clone 1 in any type of soil. Already growing only in PVA and LVE soils. Through these data the company can strategically choose the best choice of genetic material according to the interest in growth and density.

REFERENCES

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941**: Madeira - Determinação da Densidade Básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003, p. 6.
- BATISTA, J.L.F.; COUTO, H.T.Z.; FILHO, D.F.S. **Quantificação de recursos florestais**: árvores, arvoredos e florestas. São Paulo: Oficina de Textos. 2014, p 384.
- BORGES J.S. **Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de eucalipto**. 2012. 81 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BRAGA, F.A. et al. Environmental characteristics determining site capacity for eucalypt production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p.69-77, 1999.

CASTRO SILVA, J. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta**, v. 34, n. 1, p. 13- 22, 2004.

COSTA, J.A. **Qualidade da Madeira de *Eucalyptus urograndis*, plantados no Distrito Federal, para Produção de Celulose Kraft**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. Brasília.

COSTA E SILVA, J. et al. Genetic parameters for growth, wood density and pulp yield in *Eucalyptus globulus*. **Tree Genetics & Genomes**, v. 5, n. 2, p. 291-305, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006, 412p.

_____. **Descrição de argissolos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - AGEITEC. Available in: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g_5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html>. Access in: 03 oct. 2019.

FANTUZZI NETO, H. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft**. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento genético da densidade de eucalipto. **Boletim Informativo IPEF**, v. 6, n. 20, p. A.1–A.14, 1978.

FERREIRA, C.A. et al. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp, em função da idade e qualidade do local. **Boletim informativo IPEF**, v. 6, n. 20, p. B.1-B.19, 1978.

FEUCHARD, L.D. **Influência do espaçamento de plantio e idade de colheita na qualidade da madeira de eucalipto para celulose**. 2015. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

FRAZÃO, L.A. et al. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008.

FREDERICO, P.G.U. **Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GALLO, R. et al. Growth and wood quality traits in the genetic selection of potential *Eucalyptus dunnii* Maiden clones for pulp production. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 434-441, 2018.

GAVA, J.L. **Relações entre atributos do solo e qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose**. 2005. 55 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo.

_____.; GONÇALVES, J.L.M. Soil attributes and wood quality for pulp production in plantations of *Eucalyptus grandis* clone. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 3, p. 306-313, 2008.

GOMIDE, J.L. et al. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

GOUVEA, A.G. et al. Efeito do sítio nas características tecnológicas da madeira de *Eucalyptus* para produção de celulose kraft. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 3, n. 2, p. 10-12953/2177-6830, 2012.

HEIN, P.R.G. et al. Age trends of microfibril angle inheritance and their genetic and environmental correlations with growth, density and chemical properties in *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake wood. **Annals of Forest Science**, v. 69, n. 6, p. 681-691, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados de precipitação média**. Available in: <<http://www.inmet.gov.br>>. Access in: 01 sep. 2019.

LARSON, P.R. et al. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. **Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-129**, v. 129, p. 1-42, 2001.

MARCATI, C.R. et al. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 3, p. 311-320, 2001.

- MCDONALD, A.C. et al. Genetic variation for growth and wood density in *Eucalyptus globulus* in Tasmania (Australia). **Silvae Genetica**, v. 46, n. 4, p. 236-241, 1997.
- MUNERI, A.; RAYMOND, C.A. Genetic parameters and genotype-by-environment interactions for basic density, pilodyn penetration and stem diameter in *Eucalyptus globulus*. **Forest Genetics**, v. 7, n. 4, p. 317-328, 2000.
- NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY. **Average precipitation data**. Available in: <<https://tempo.inmet.gov.br/PrecAcumulada>>. Access in: 01 dec. 2019.
- OSORIO, L.F. et al. Age-age and trait-trait correlations for *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and their implications for optimal selection age and design of clonal trials. **Theor Appl Genet**, n. 106, p. 735-743, 2003.
- QUEIROZ, S.C.S. et al. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 901-909, 2004.
- ROCHA, S.M.G.R. **Densidade básica da madeira de eucalipto em gradientes climáticos no Brasil**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, v. 1, p. 118, 2017.
- SANTANA, W.M.S. et al. Effect of age and diameter class on the properties of wood from clonal *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2012.
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, DF: EMBRAPA / EMBRAPA Solos, 2018. 531 p.
- SETTE JÚNIOR, C.R. et al. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.
- SETTE JÚNIOR, C.R. Relationship between climate variables, trunk growth rate and wood density of *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden trees. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 337-346, 2016.
- SILVA JUNIOR, F.G. et al. Avaliação da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* visando a produção de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.581-585.
- SILVA, D.J. et al. Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e nas propriedades físico-mecânicas da polpa kraft de eucalipto. **O Papel**, v. 58, n. 2, p. 33-43, 1997.
- SILVA, F.H.B.B.; SILVA, M.S.L.; CAVALCANTI, A.C. Descrição das principais classes de solos. In: CURSO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2., 2006, Juazeiro-BA. **Palestras...** Juazeiro: MAPA; SFA-BA; Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos, 2006.
- STURION, J.A. et al. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.14, p. 28-38, 1987.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, v. 29, p. 37-45, 1985.
- TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.
- VIGNERON, P.; GERARD, J.; BOUVET, J.M. Relationship between basic density and growth in a fertilization trial with clones of *Eucalyptus* hybrids in Congo. In: POTTS, B.M. et al. (Ed.). **Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality**. Hobart: Proceedings of CRCTHF/IUFRO, 1995. v.1, p. 68-72.
- WEST, P.W. Mixed-Species Plantations. In: WEST, P.W. **Growing Plantation Forests**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 211-222.

SILVA, G.T.G. et al. The influence of soil type in *Eucalyptus*

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied Forest Tree Improvement**. Caldwell: The Blackuburn Press, 1984. 505 p.

ZUO, X. et al. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. **Soil & Tillage Research**, v. 99, p. 202-212, 2008.

ESTRATÉGIAS PARA A PRESERVAÇÃO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM CUNHA-SP, BRASIL: ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIOECONÔMICOS E JURÍDICOS¹

STRATEGIES FOR THE PRESERVATION OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN CUNHA-SP, BRAZIL: ENVIRONMENTAL, SOCIOECONOMIC AND LEGAL ASPECTS

Roberto STARZYNSKI^{2,4}; Marco Aurélio NALON²; Cesar Gonçalves Afonso FRIZO³;
Priscilla Menezes de SOUZA³

RESUMO - Espécie nativa brasileira de grande valor econômico a *Araucaria angustifolia* teve sua área de ocorrência natural drasticamente reduzida no século XX chegando na atualidade a apenas 5% da formação original, sendo considerada uma espécie ameaçada de extinção em listagens nacionais e internacionais. Além da importância econômica devido à utilização da madeira para diversas finalidades, suas sementes, denominadas pinhões, possuem valor comercial sendo que sua coleta constitui um meio de subsistência para muitas comunidades rurais, além de apresentar importância ecossistêmica ao se constituírem em uma fonte de alimento para a fauna nativa. Este trabalho objetiva apresentar estratégias para a preservação da Araucária nas serras do Mar e Bocaina do Estado de São Paulo tendo elencado como região de estudo o município de Cunha. Através de técnicas de geoprocessamento foi feita a identificação da área do município de Cunha com características apropriadas para ser reflorestada com Araucária, bem como elaboradas diretrizes para planos de manejo voltados à implantação de reflorestamentos tanto homogêneos quanto em consórcio com pastagem ou com outras espécies florestais. Analisou-se também questões relativas à coleta de pinhão em áreas de vegetação natural, como alternativa de renda para comunidades rurais. Constatou-se que devido ao relevo acidentado e solos de baixa fertilidade o município de Cunha apresenta grande aptidão florestal sendo que 40,60% da área do município (57.133,16 ha) apresentam características apropriadas para serem reflorestadas com Araucária evidenciando grande potencial de geração de trabalho e renda através da expansão dos plantios, aliando assim aspectos conservacionistas com socioeconômicos.

Palavras-chave: Araucária; Aptidão florestal de Cunha; Consórcios Florestais; Pinhão.

ABSTRACT - Brazilian native species of great economic value, *Araucaria angustifolia* had its naturally occurring area drastically reduced in the twentieth century, currently reaching only 5% of the original formation, being considered an endangered species in national and international listings. In addition to the economic importance due to the use of wood for various purposes, its pine nut, called “pinhão”, have commercial value and its gathering is a livelihood for many rural communities, as well as being of ecosystem importance as a source of food for the native fauna. This paper aims to present strategies for the preservation of Araucaria in the Serra do Mar and Bocaina of the State of São Paulo, focusing at the region of Cunha as a study region. Through geoprocessing techniques, the area of the municipality of Cunha was identified with appropriate characteristics to be reforested with Araucaria, as well as guidelines for management plans designed to implement reforestation both homogeneous and in consortium with pasture or with other forest species. Issues related to the gathering of “pinhão” in areas of natural vegetation were also analyzed, as an alternative income for rural communities. Due to the rugged relief and low fertility soils, the municipality of Cunha has great forest aptitude being that 40,60% of the municipality area (57.133,16 ha) have characteristics suitable to be reforested with Araucaria showing great potential for generation labor and income through the expansion of plantations, thus combining conservationist and socioeconomic aspects.

Keywords: Araucaria; Forest Aptitude in Cunha; Forest Consortia; “Pinhão”.

¹ Recebido para análise em 12.12.2019. Aceito para publicação em 25.09.2020.

² Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

³ Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável, Casa da Agricultura de Cunha, Praça Midair José Teodoro, 101, 12530-000, Cunha, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Roberto Starzynski – rostarzynski@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Espécie nativa do Brasil, Paraguai e Argentina a *Araucaria angustifolia* é uma conífera de grande importância econômica, denominada popularmente no Brasil de Araucária ou Pinheiro brasileiro, que atinge altura de até 50 m e diâmetro de 1,20 m, apresentando tronco reto e quase cilíndrico. Sua madeira é utilizada para carpintaria, marcenaria, instrumentos musicais, compensados e pasta para fabricação de papel (Rizzini, 1978). Árvore característica da Floresta Ombrófila Mista chega a viver de 140 a 250 anos e se desenvolve em campos abertos, na presença da luz, não se reproduzindo em áreas sombreadas da mata. Ocorre nos climas temperado úmido, subtropical úmido e subtropical de altitude (respectivamente Cfb, Cfa e Cwb, segundo a classificação de Koeppen), em altitudes que variam de 500 a 1800 m, precipitação pluvial média anual de 1.400 a 2.300 mm na Região Sul e entre 1.200 e 2.000 mm na Região Sudeste, em solos derivados de vários tipos de rochas como granitos, basaltos, dioritos, filitos, sedimentares, preferindo solos ácidos, com horizonte A bem desenvolvido, com alto conteúdo de cálcio e magnésio, ou alta percentagem de saturação de bases, profundos, friáveis, porosos, bem drenados, com boa capacidade de retenção de água e de textura franca a argilosa.

Ocupava, originalmente, uma área de 185.000 km² nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Embrapa, 2002). No Brasil a floresta de Araucária tinha como limite norte a latitude 18°S no Estado de Minas Gerais, a leste os divisores de água da Serra do Mar, a oeste as divisas internacionais dos Estados de Santa Catarina e Paraná e ao sul as escarpas do Planalto Sul Brasileiro (Hueck, 1972).

No século XX a *Araucaria angustifolia* sofreu grande exploração que reduziu sua área de ocorrência natural para algo em torno de 1 a 5%, da área original (Souza et al., 2009). Em 1976 a Portaria Normativa DC-20 do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF (IBDF, 1976) proibiu o abate de pinheiros adultos portadores de pinhas na época da queda de sementes, bem como a colheita de pinhão por derrubada de pinhas imaturas antes do dia 15 de abril, além de fixar a mesma data para o início das atividades de colheita, transporte e comercialização do pinhão. Atualmente consta na “Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção” (Brasil, 2014), sendo

catalogada como uma espécie “Em Perigo”. Na “Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas”, divulgada em 2013 pela União Internacional para a Conservação da Natureza, *A. angustifolia* consta como uma espécie “criticamente em perigo” (IUCN, 2013).

Araucaria angustifolia é uma espécie dióica (apresenta árvores femininas e masculinas) com uma reprodução e produção de sementes caracterizadas por um processo lento e complexo. As pinhas amadurecem dois anos após a polinização e ocorrem grandes diferenças entre as produções anuais.

Starzynski (2018) estudando a distribuição temporal da queda de sementes de Araucária no município de Cunha-SP por um período de seis anos consecutivos constatou que a produção de sementes por árvore variou de 15,54 kg a 31,95 kg e o período de queda variou de 56 a 94 dias. As condições climáticas afetam diretamente a produção de sementes. Em anos com maior temperatura média ocorre uma diminuição significativa na quantidade de grãos de pólen produzidos (Caccavari et. al., 2000) acarretando uma menor produção de sementes. As condições meteorológicas do período de polinização também apresentam forte influência; em dias de sol e com vento ocorre uma nuvem de pólen, enquanto nos dias chuvosos a alta umidade e a menor temperatura dificultam a liberação do pólen e conseqüente polinização (Anselmini e Zanette, 2012). Suas sementes, denominadas pinhões, são ricas em calorías e fibras e contém vários minerais como potássio, cobre, zinco, manganês, ferro, magnésio, cálcio, fósforo, enxofre e sódio, além dos ácidos graxos linoleico (Ômega 6) e oleico (Ômega 9) (EMBRAPA, 2016). Apresentam importância ecossistêmica por se constituírem em fonte de alimento para a fauna nativa, tanto para aves como a gralha azul (*Cyanocorax caeruleus*), gralha amarela (*Cyanocorax chrysops*), maritaca verde (*Pionus maximiliani*) e periquito (*Brotogeris tirica*), quanto para mamíferos como a anta (*Tapirus terrestres*), queixada (*Tayassu pecari*), cateto (*Pecari tajacu*), paca (*Cuniculus paca*), esquilo (*Sciurus vulgaris*) e cotia (*Dasyprocta aguti*).

Para a espécie humana as sementes da Araucária apresentam importância alimentar desde épocas remotas. Bitencourt e Krauspenhar (2006) estudaram a possível influência antropogênica na expansão da *Araucaria angustifolia* no planalto sul brasileiro durante o holoceno tardio, a partir da análise e do cruzamento de dados arqueológicos, geográficos, palinológicos e botânicos e constataram que a expansão da espécie é fortemente assinalada em vários trabalhos

palinológicos, depois de 1500 anos AP (Antes do Presente), em áreas próximas aos assentamentos arqueológicos. Apesar das condições climáticas serem apontadas como a principal causa da expansão da *A. angustifolia* no planalto sul brasileiro, discutiram, também, a possibilidade de uma contribuição da ação dos grupos de caçadores-coletores na dispersão da espécie, pela coleta do pinhão, manejo e o possível plantio da espécie. Reis et. al. (2014), também estudaram o papel de grupos humanos no aumento das florestas de Araucária e ressaltaram a ação dos índios brasileiros Kaiagang na dispersão da *A. angustifolia* e dos chilenos Mapuches na dispersão da *A. araucana*. Indígenas do sul brasileiro utilizavam o pinhão assado, cozido ou sapecado ao fogo, como também processavam sua farinha que era adicionada à carne de caça ou peixe (Cavalcante, 2014).

Atualmente a coleta de sementes constitui um meio de subsistência para muitas comunidades rurais, com utilização tanto na alimentação quanto na geração de renda devido ao valor comercial do pinhão, sendo a atividade considerada como uma prática capaz de manter a biodiversidade de maneira sustentável. Uma forma de se agregar valor econômico ao pinhão é comercializá-lo como produto orgânico. As normas técnicas para a obtenção de produtos orgânicos oriundos do extrativismo sustentável foram estabelecidas pela Instrução Normativa Conjunta nº 17 (Brasil, 2009) e determinam o atendimento aos princípios da conservação dos recursos naturais e do desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Em função da legislação para espécies ameaçadas a coleta de sementes da araucária deve ser realizada segundo técnicas que não coloquem em risco a sobrevivência do indivíduo e a conservação da espécie, sendo normatizada de forma a obedecer critérios de sustentabilidade, considerando a manutenção da diversidade biológica bem como da estrutura dos ecossistemas e suas funções.

A ocorrência da Araucária na região do município de Cunha-SP é atestada por antigos relatos com origem no século XVI. O inglês Anthony Knivet, participante de expedição que no ano de 1596 partiu da cidade de Paraty-RJ e atravessou a Serra do Mar, percorrendo trilhas utilizadas pelos índios Guaianás, narrou a existência de muitos pinheirais na região onde hoje se localiza o município de Cunha (Pasin, 2004). A existência do pinhão como fonte de alimentação e produto de comercialização é atestada pelos registros do século XIX da Barreira do Taboão

de Cunha, construída com a finalidade de cobrar impostos e taxas pela circulação de mercadorias (Veloso, 2010). Amaral e Fichino (2014) visando a construção de diretrizes para o manejo sustentável do pinhão realizaram oficinas participativas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

Em oficina realizada no ano de 2012 em Cunha, município de maior produção de pinhão do estado de São Paulo segundo os autores, detectaram a insatisfação dos produtores em relação à data do defeso fixada em 15 de abril pela Portaria Normativa DC-20 (IBDF, 1996) sob a alegação de que na região a maturação do pinhão ocorre antecipadamente e a espera pela data provoca uma redução significativa na produção. Apontaram, outrossim, para a necessidade de pesquisas sobre o período de produção do pinhão, que pudessem embasar uma eventual mudança na legislação, visto que a Araucária é espécie importante para a paisagem e economia do município de Cunha, que desenvolve, há mais de 20 anos festivais e exposições sobre a Araucária e seus pinhões.

Este trabalho visa apresentar estratégias para a preservação da Araucária nas serras do Mar e Bocaina do Estado de São Paulo, partindo da premissa de que a utilização sustentável da vegetação natural de Araucária e a inserção de reflorestamentos, como parte integrante da área produtiva do imóvel rural, apresentam grande potencial de geração de trabalho e renda aliando assim aspectos conservacionistas com socioeconômicos. Como região de estudo foi elencado o município de Cunha por apresentar porções de serras do Mar e da Bocaina, sendo que esta é considerada local de ocorrência natural da espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da região de estudo

Cunha localiza-se na porção nordeste do Estado de São Paulo, no Vale do Paraíba, apresenta área de 1.407,25 km² (140.725 hectares), população estimada de 21.547 moradores no ano de 2019 e Produto Interno Bruto – PIB de R\$ 9.706,96 (IBGE, 2019). Situa-se entre as coordenadas geográficas de latitude 22°47'S a 23°20'S e longitude 44°37'O a 45°10'O. A Figura 1 apresenta a área do município de Cunha, com a localização da sede municipal, estradas principais, bairros, hidrografia, toponímia e Unidades de Conservação.

A base geológica é formada por granitos, migmatitos e micaxistos do período Pré-Cambriano e depósitos aluviais do Quaternário constituídos por cascalhos, areias, silte e argila. Apresenta relevo acidentado com predominância de serras, escarpas e morros altos, seguidos pela presença de morros baixos e morrotes e raras colinas e terraços fluviais (IPT, 2015). A maior parte do município (mais de 70% da área) é constituída de solos com baixa aptidão agrícola, tais como o Neossolo Litólico e o Cambissolo (Rossi, 2017). Tais grupos constituem solos com pouca profundidade e, de maneira geral, muito suscetíveis a processos erosivos e que, apesar de em determinadas localidades a fertilidade química original ser relativamente elevada, tornam-se limitantes para a exploração agrícola de culturas anuais. A área mais propícia à agricultura consiste em aproximadamente 20% do município, nas zonas de Latossolos. Não obstante, essas áreas

também demandam estratégias de conservação de solo complexas, visto a interação com o relevo que favorece os processos erosivos em cultivos com intenso revolvimento e mecanização do solo. Desta forma a maior parte do município apresenta vocação para o plantio florestal.

O município de Cunha apresenta clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado, denominado Tipo Climático Cwb na classificação climática de Köppen. A precipitação média anual varia de 1.100 a 3.000 mm, sob influência orográfica de acordo com a localização geográfica no interior do município, com as maiores precipitações ocorrendo nas serras do Mar e Bocaina, seguidas das que ocorrem na serra do Quebra Cangalha. Entre os meses de outubro a março precipitam 75% do total anual. O município possui 34,52% de sua área recoberta por vegetal nativa de Floresta Atlântica, nas formações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Áreas da vegetação nativa do município de Cunha.

Table 1. Areas of native vegetation of Cunha municipality.

Fitofisionomia	Área (ha)	Área municipal (%)
Refúgio Ecológico	925,04	0,66
Floresta Ombrófila Densa estágio avançado	8.743,46	6,21
Floresta Ombrófila Densa estágio médio	37.758,17	26,83
Floresta Ombrófila Mista estágio médio	1.148,66	0,82
Formação Pioneira com Influência Fluvial	5,77	~0,00
Total	48.598,10	34,52

Fonte: Instituto Florestal, 2020.

Source: Instituto Florestal, 2020.

Em entrevista realizada com o Secretário de Turismo de Cunha (Sr. Marcelo Henrique Coelho Veras) no ano de 2019, levantou-se que a produção anual de pinhão em Cunha gira em torno de 630 toneladas, comercializadas tanto no varejo do município como em mercados do Vale do Paraíba e em centrais de abastecimento de São Paulo e Rio de Janeiro. A Festa do Pinhão, realizada anualmente desde o ano de 2000 em três finais de semana consecutivos nos meses de abril e maio, é o maior evento realizado na cidade. Neste período é alta a taxa

de ocupação da rede de hotéis, pousadas e demais estruturas de hospedagem e alimentação. Diversos segmentos da sociedade participam do evento, entre eles o Parque Estadual Serra do Mar – Núcleo Cunha que anualmente promove exposições centradas na Araucária e degustações de pratos elaborados com pinhão. No ano de 2019 a Festa do Pinhão atraiu aproximadamente 80.000 visitantes, gerando emprego temporário para 100 pessoas e arrecadando recursos da ordem de R\$ 1.000.000,00 através da venda de 10 toneladas de pinhão diretamente para

o consumidor, além dos utilizados no preparo dos diversos pratos servidos no evento. A coleta de pinhão realizada atualmente no município provém de áreas de ocorrência natural, sendo essa atividade exercida principalmente por agricultores familiares, como forma de geração suplementar de renda. Além dos aspectos econômicos relacionados à venda do pinhão a Araucária apresenta importância turística, sendo um atrativo na paisagem em função de sua beleza cênica.

2.2 Métodos

2.2.1 Identificação de áreas com potencial para o plantio de Araucária

A identificação das regiões do município de Cunha com características apropriadas para serem reflorestadas com Araucária, foi realizada considerando-se a altitude, declividade, uso e ocupação dos solos. Para a definição das faixas de altitude que apresentam viabilidade para o cultivo da Araucária, foi realizado um levantamento ao longo de estradas rurais que cortam bairros do município localizados nas diversas cotas altimétricas. Os indivíduos de Araucária foram observados em relação ao seu vigor e sanidade aparente. Os proprietários das áreas onde se encontravam as árvores foram entrevistados no ano de 2019 a respeito da constância e quantidade de pinhões produzidos.

No tocante à declividade e uso dos solos foram considerados os instrumentos da política pública paulista para a redução da erosão e recuperação de áreas degradadas, tais como a Lei nº 6.171/88 (São Paulo, 1988), que dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola, o Decreto nº 41.719/97 (São Paulo, 1997), que regulamenta a referida lei e a Resolução SAA nº 11/15 (São Paulo, 2015), que estabelece normas e procedimentos. Foram excluídas do cálculo as áreas nas quais não é recomendado o plantio de Araucária para fins econômicos, como as Áreas de Preservação Permanente – APPs definidas pelo Código Florestal (Brasil, 2012), as Unidades de Conservação da Natureza, as áreas recobertas por vegetação nativa e as áreas edificadas.

A base cartográfica de referências para a geração do Modelo Digital de Terreno e áreas de preservação permanente foram as cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2019), na escala 1:50.000

(SF-23-Y-D-III-2, SF-23-Z-C-I-1, SF-23-Z-C-I-3, SF-23-Z-A-IV-4, SF-23-Y-D-III-4, SF-23-Y-B-VI-4, SF-23-Z-A-IV-3). Os mapas hipsométrico e de declividade derivaram de um Modelo Digital de Terreno, com 30 metros de resolução espacial. Para estimação das APP's foram geradas áreas de entorno de 30 metros ao longo dos corpos d'água e de 50 metros no entorno das nascentes, assim definidas pelo Código Florestal.

2.2.2 Diretrizes para o plantio da Araucária no município de Cunha

Foram analisadas alternativas para o plantio de Araucária no município considerando-se a declividade das áreas e a possibilidade de consórcio com outras culturas, com o objetivo de propor diretrizes para elaboração de planos de manejo visando a implantação de reflorestamentos tanto puros quanto em consórcio com pastagem ou com outras espécies florestais.

2.2.3 Coleta de pinhão em área de vegetação natural

A atividade de coleta de pinhão em áreas de vegetação natural, como alternativa de renda para comunidades rurais, foi analisada através da legislação incidente e da distribuição temporal da queda de sementes no município, contemplando a pertinência de alteração da legislação do defeso atual e a indicação de estratégias para promover o aumento de rentabilidade da atividade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Identificação de áreas com potencial para o plantio de Araucária

Para o cálculo das áreas com potencial para o plantio inicialmente foram excluídas as áreas do município nas quais a Araucária não deve ser implantada para fins de exploração econômica, como as Áreas de Preservação Permanentes – APPs definidas pelo Código Florestal, Unidades de Conservação da Natureza e áreas edificadas. A Tabela 2 apresenta o valor destas áreas de exclusão.

O município de Cunha apresenta cotas altimétricas variando de 575 a 1922 m sendo cada classe hipsométrica apresentada na Tabela 3.

Tabela 2. Áreas de exclusão para o plantio de Araucária no município de Cunha.

Table 2. Areas of exclusion for Araucaria planting in the municipality of Cunha.

Exclusão	Área (ha)	Área municipal (%)
Área urbana / edificada	2.762,56	1,96
APPs (corpos d'água, nascentes)	25.262,01	17,95
Parque Nacional da Serra da Bocaina	5.172,99	3,68
Parque Estadual da Serra do Mar	11.416,08	8,11
Total	44.613,64	31,67

Tabela 3. Área em hectares e porcentagem em relação à área total do município de cada classe hipsométrica.

Table 3. Area in hectares and percentage in relation to the total area of the municipality of each hypsometric class.

Altitude (m)	Área (ha)	Área municipal (%)
575,00 – 900,00	28.492,92	20,24
900,01 – 1200,00	74.625,37	53,02
1200,01 – 1500,00	30.651,19	21,78
1500,01 – 1800,00	6.579,18	4,68
1800,01 – 1922,00	376,34	0,30
Total	140.725,00	100,00

Atividade de campo voltada à observação do porte das árvores e produção de pinhão nas diversas regiões do município revelou que a *Araucaria angustifolia* desenvolve-se melhor em altitudes superiores a 900 m, onde são encontrados os indivíduos mais saudáveis, vigorosos e produtivos. Em cotas abaixo de 900 m de altitude foram localizados

poucos indivíduos sendo, geralmente, de porte reduzido e produção diminuta. Desta forma estabeleceu-se a altitude de 900 m como cota inferior limite para o plantio da Araucária. A Figura 2 apresenta a localização das áreas do município de Cunha com altitudes superiores a 900 m, potencialmente adequadas para o plantio de Araucária.

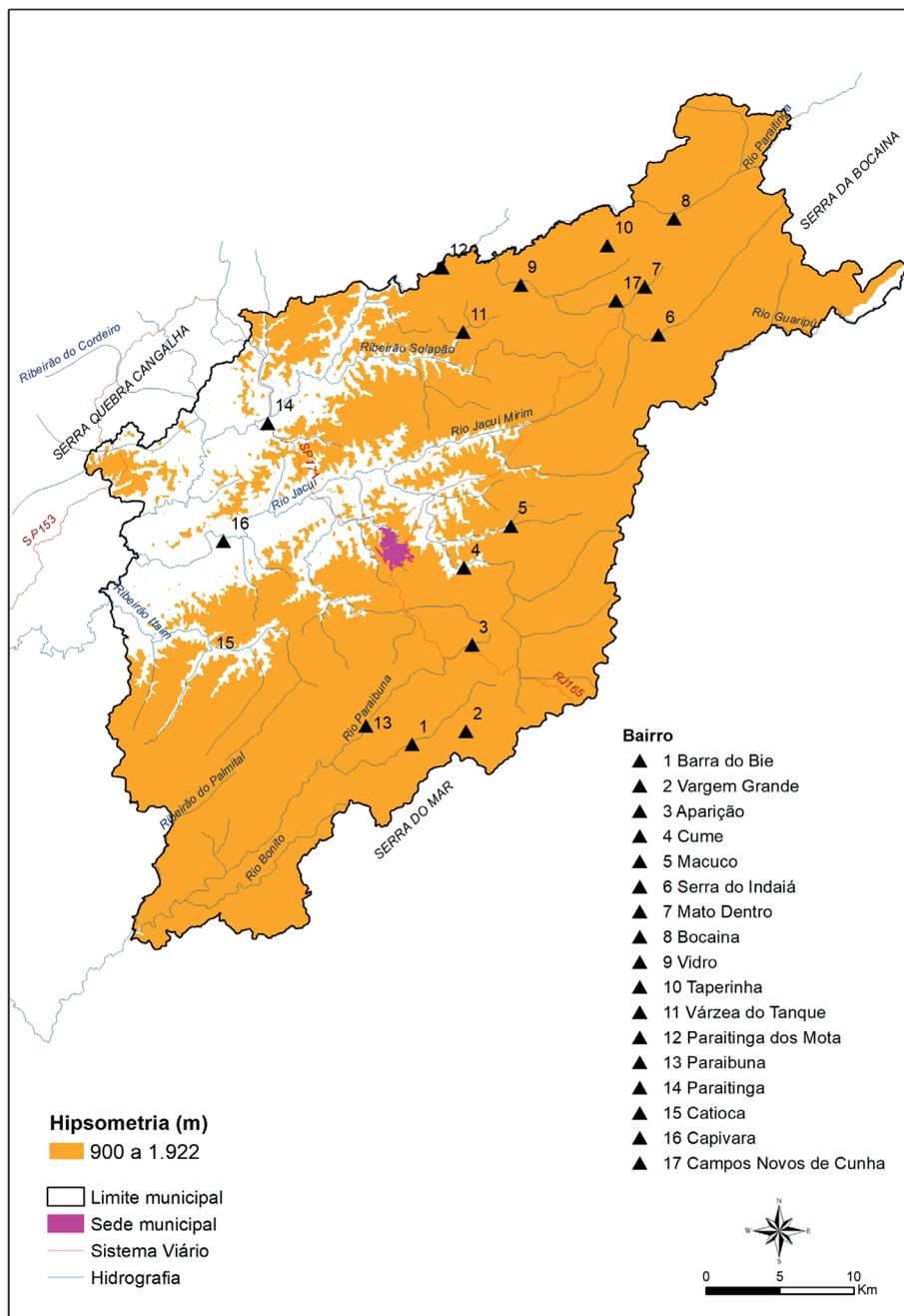


Figura 2. Áreas do município de Cunha, potencialmente adequadas para o plantio de Araucária com base na altitude.

Figure 2. Areas of the municipality of Cunha, potentially suitable for planting Araucaria based on altitude.

O relevo do município foi analisado para que se pudesse propor a implantação de talhões de Araucária em locais não adequados às culturas agrícolas. No sistema de classes de capacidade de uso do solo definido pela legislação estadual paulista cada classe tem a mesma limitação de uso ou o mesmo risco potencial de degradação. Em

relação à declividade são adequadas para o cultivo agrícola anual aquelas com declividade de até 18%, sendo que para valores superiores são indicadas culturas permanentes, pastagens ou reflorestamento. A declividade dos solos é apresentada na Tabela 4, onde observa-se que apenas 34,59 % do município são adequados para as práticas agrícolas anuais.

Tabela 4. Áreas das classes de declividade do solo no município de Cunha, SP.

Table 4. Areas of soil slope classes in the municipality of Cunha, SP.

Declividade (%)	Área (ha)	Área municipal (%)
0,00 a 18,00	48.672,19	34,59
18,01 a 30,00	46.841,27	33,29
30,01 a 45,00	35.589,20	25,29
45,01 a 100,00	9.603,43	6,82
> 100,01	18,91	0,01
Total	140.725,00	100,00

O conhecimento acumulado de décadas de extensão rural no município, realizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI e atual Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável – CDRS da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, indica que até a declividade de 30% as pastagens proporcionam uma adequada conservação do solo na região. Desta forma foram consideradas como potencialmente adequadas ao plantio da Araucária as áreas com declividade maior que 18%, divididas em três classes sendo que para cada uma delas é proposto um sistema distinto de implantação. Nas declividades compreendidas entre 18 e 30%

propõe-se um sistema silvipastoril no qual a Araucária é consorciada com pastagem; entre as declividades de 30 a 45% é proposta a implantação de Araucária consorciada com espécies florestais pioneiras de valor econômico, e nas declividades entre 45 e 100% o plantio homogêneo de Araucária. A Tabela 5 apresenta as áreas do município propícias para a implantação da Araucária, em cada classe de declividade e sistema de plantio proposto. Vale considerar que estas declividades são apresentadas em porcentagem, enquanto o Código Florestal determina como sendo APPs as áreas com declividade maior que 45°, que corresponde a 100%.

Tabela 5. Áreas apropriadas para o plantio de Araucária no município de Cunha.

Table 5. Appropriate areas for Araucaria planting in the municipality of Cunha.

Declividade (%)	Sistema de plantio	Área (ha)	Área municipal (%)
18,01 a 30,00	Sistema Silvipastoril	27.166,89	19,30
30,01 a 45,00	Araucária com pioneiras	22.980,87	16,33
45,01 a 100,00	Araucária	6.985,40	4,97
Total		57.133,16	40,60

Através de técnicas de geoprocessamento, tendo em vista as diversas sobreposições, foi elaborado o mapa apresentado na Figura 3 que indica

as áreas com potencial para o plantio de Araucária, considerando somente as áreas rurais de uso antrópico, declividade acima de 18% e altitude acima de 900 m.

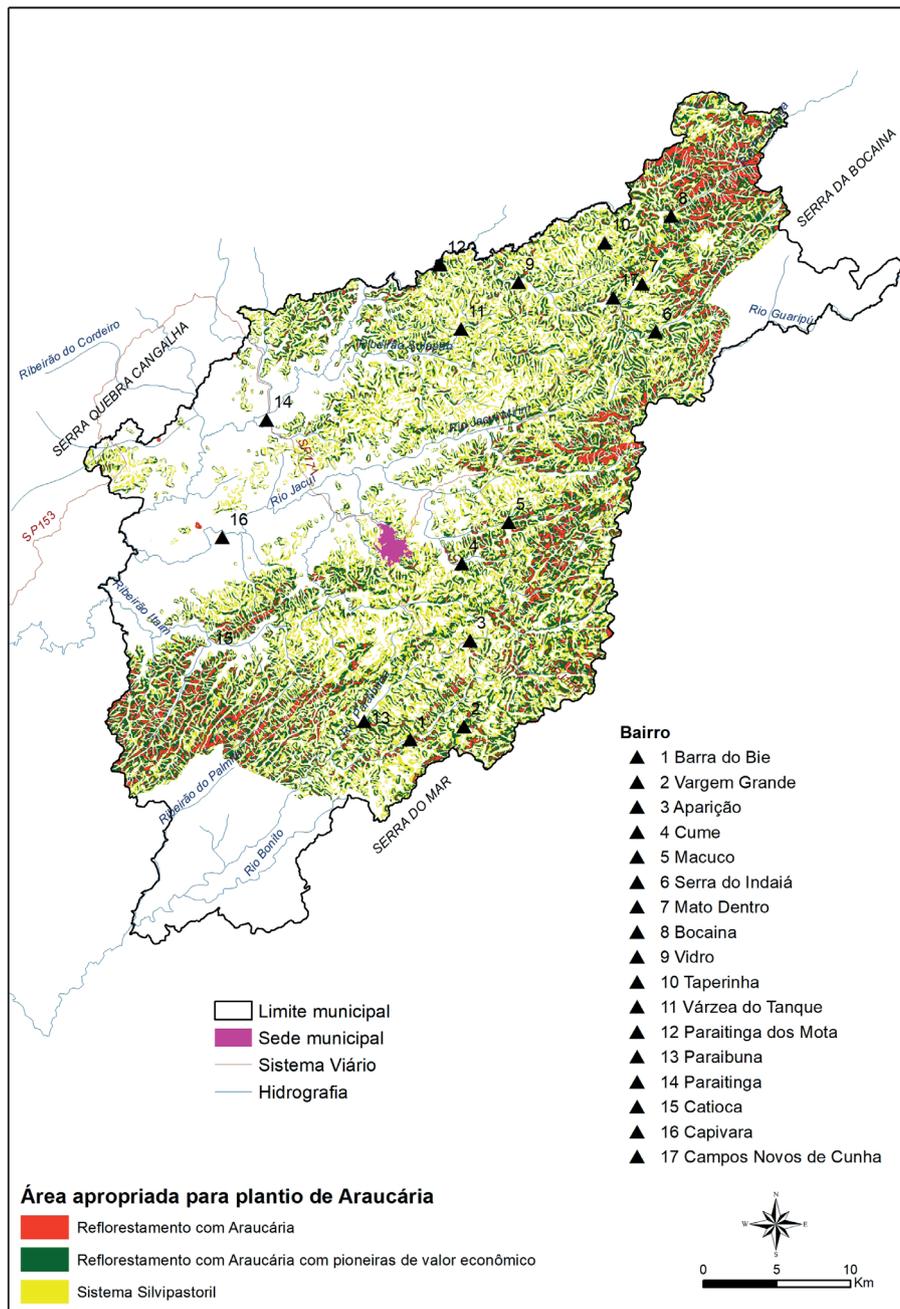


Figura 3. Áreas com potencial para o plantio de Araucária no município de Cunha.

Figure 3. Areas with the potential for planting Araucaria in the municipality of Cunha.

3.2 Diretrizes para o plantio da Araucária no município de Cunha

Este tópico apresenta diretrizes para o plantio da Araucária em três classes de declividade tanto para produção de pinhão quanto de madeira. Em plantios destinados à produção de pinhão recomenda-se a realização de enxertia para se obter uma correta proporção de plantas femininas (aproximadamente 70%) e masculinas (aproximadamente 30%) bem como uma disposição adequada dos machos no plantio para garantir uma polinização eficiente (Wendling e Zanette, 2017). A enxertia é útil também para implantação de árvores produtivas e precoces, além de possibilitar a introdução de diversas variedades que possibilitem colheitas em diferentes meses, aumentando desta forma o tempo de colheita. A enxertia deve ser conduzida de forma a contemplar a diversidade genética, evitando-se o uso do mesmo clone em todo o plantio. Vale ressaltar que em função de Resolução da Secretaria do Meio Ambiente (São Paulo, 2018) é livre a intervenção na vegetação de reflorestamento, fora de áreas de preservação permanente e reserva legal, sendo necessário apenas o prévio registro do plantio na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

I - Sistema Silvipastoril – Declividade de 18,01 a 30,00%

Na faixa de declividade de 18,01% a 30,00% a Araucária apresenta o potencial de ser utilizada na composição de um sistema silvipastoril. Em função da declividade, a intensificação da pastagem com algumas práticas como preparo de solo e irrigação tornam-se inviáveis. No entanto, é possível a exploração da pastagem mais extensivamente, observando alguns aspectos para o bom manejo. Nessa situação proposta a Araucária teria um caráter multifuncional, através da sombra proporcionada, melhorando o bem estar animal, e com a diversificação da renda das comunidades rurais, através da exploração da madeira e pinhão. Deve-se atentar, contudo, a alguns aspectos para o bom funcionamento do sistema. A ingestão dos pinhões pelos animais configura na perda de um produto comercial e deve ser evitada através da retirada do rebanho por ocasião da queda dos pinhões ou do cercamento do plantio. Também se deve atentar para os possíveis ferimentos causados pelas acículas que caem em meio à pastagem e podem ferir os animais, acidentalmente, durante o ato de pastejo.

A introdução das árvores pode ser feita tanto como plantas isoladas no pasto, como o estabelecimento de árvores em espaçamentos regulares largos (ex. 20 x 20 m) ou em renques, onde o plantio seria realizado com as árvores em linha, valendo-se de um espaçamento menor entre árvores (aproximadamente 8 m) e um maior entre linhas (em torno de 35 m), sendo possível valer-se inclusive de linhas duplas de árvores (Vilcahuaman e Baggio, 2000). Nesta segunda maneira, o aproveitamento da araucária é mais facilitado, pois o número de árvores plantadas é maior, e por consequência a produção de madeira e pinhão. Uma estratégia interessante seria o plantio em espaçamentos menores ainda que 8 m entre plantas, de modo a permitir o desbaste seletivo, visto a grande heterogeneidade de desenvolvimento das mudas. O plantio dessa maneira tem inclusive a vantagem de facilitar a coleta dos pinhões, através da segregação com fio eletrificado apenas da área de queda das sementes sem a necessidade de vedação do pasto, como ocorreria na opção anterior. Atenção especial deve ser dada no caso de estabelecimento das árvores em pastagens em uso pelos animais, sobretudo no dano físico que estes podem causar. No caso de árvores isoladas, deve-se planejar a proteção das plantas com mourões e arame farpado em torno das plantas. Em contrapartida, na implantação de árvores em espaçamentos regulares, fica mais facilitado o uso da cerca elétrica.

II - Consórcio da Araucária com espécies florestais pioneiras de valor econômico – Declividade de 30,01 a 45,00%

O consórcio com espécies florestais pioneiras é uma estratégia para potencializar o aproveitamento da área plantada. Ao longo do tempo em que a Araucária se desenvolve, até que seu dossel provoque o sombreamento do solo, espécies de rápido crescimento podem se desenvolver nas entrelinhas e constituir outra fonte de renda ao plantio. Neste sistema a Araucária pode ser plantada em linhas, com espaçamento de 8 m entre as árvores e 10 m entre as linhas, sendo as espécies pioneiras plantadas entre as linhas de Araucária, com espaçamento de 3 m entre as plantas. A Tabela 6 apresenta características de espécies florestais pioneiras, de ocorrência natural no município de Cunha, que possuem valor econômico para diferentes fins: pasto apícola, madeira, frutos e produção de carvão, sendo a escolha de acordo com a finalidade e opções do mercado.

Tabela 6. Espécies florestais pioneiras indicadas para consórcio com Araucária.

Table 6. Pioneering forest species indicated for consortium with Araucaria.

Nome científico	Nome popular	Utilidade
<i>Croton floribundus</i>	Capixingui	Indicada para caixotaria leve, artefatos, carpintaria, chapas de aglomerado e pasto apícola.
<i>Mimosa scabrella</i>	Bracatinga	Madeira de alto poder calorífico, indicada para o uso como lenha e carvão e pasto apícola.
<i>Gochnatia polymorpha</i>	Candeia	Madeira de grande duração, quase incorruptível, própria para construção civil, moirões e construção naval.
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira Pimenteira	Madeira utilizada para moirões, esteios, lenha, carvão, frutos para temperos e pasto apícola.
<i>Campomanesia phaea</i>	Cambuci	Produz frutos comestíveis e de alto valor agregado, suporta sombreamento e a madeira é própria para cabos de ferramentas.

Fonte: Lorenzi, 1992.

Source: Lorenzi, 1992.

III - Reflorestamento homogêneo com Araucária - Declividade de 45,01 a 100,00%

Em declividades acima de 45%, onde o relevo acidentado dificulta as práticas silviculturais, recomenda-se o plantio de talhões homogêneos de Araucária em espaçamentos regulares de 8 m, tanto entre linhas quanto entre as árvores na linha.

3.3 Coleta de pinhão em área de vegetação natural

É atividade tradicional no município a coleta do pinhão nas áreas de vegetação natural, em pequenas propriedades rurais, como forma de promover um aumento de renda e propiciar a sustentabilidade econômica de comunidades rurais. A distribuição temporal da queda de sementes de

Araucaria angustifolia no município de Cunha, analisada por um período de seis anos consecutivos, é apresentada na Tabela 7.

Verifica-se que, em média, mais da metade da produção já havia caído antes do dia 10 de abril e que 75,74% da produção caíram até o dia 17 de abril. De acordo com a Portaria Normativa DC – 20, em vigor no Estado de São Paulo (IBDF, 1976) as atividades relacionadas à coleta, transporte e comercialização do pinhão só podem ocorrer a partir do dia 15 do mês de abril, o que gera insatisfação dos coletores sob a alegação de que a medida provoca grande redução na quantidade de pinhão a ser comercializada, considerando que o pinhão é produto altamente perecível sujeito a fungos, brocas, e brotação que deterioram o produto em poucas semanas.

Tabela 7. Porcentagem da produção anual de pinhão acumulada por intervalo temporal em Cunha, SP.

Table 7. Percentage of annual “pinhão” production accumulated by time interval in Cunha, SP.

Janela	Intervalo Temporal	Porcentagem acumulada da produção anual por intervalo temporal							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média dos seis anos	Desvio padrão
1	29/02-06/03	0,00	0,58	0,64	0,54	2,36	0,00	0,69	0,87
2	07/03-13/03	2,29	4,55	4,70	2,60	6,33	4,04	4,09	1,49
3	14/03-20/03	5,33	6,07	7,33	6,55	8,77	8,46	7,09	1,36
4	21/03-27/03	9,67	15,07	14,69	9,64	16,88	11,42	12,90	3,07

continua
to be continued

continuação - Tabela 7

continuation - Table 7

Janela	Intervalo Temporal	Porcentagem acumulada da produção anual por intervalo temporal							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média dos seis anos	Desvio padrão
5	28/03-03/04	24,75	32,69	33,21	20,22	36,80	21,58	28,21	6,91
6	04/04-10/04	47,49	55,90	55,20	43,90	56,23	51,19	51,65	5,08
7	11/04-17/04	68,63	78,81	81,77	72,23	72,47	80,51	75,74	5,33
8	18/04-24/04	82,85	87,91	92,28	91,55	80,44	92,72	87,96	5,23
9	25/04-01/05	93,76	93,97	98,27	96,11	89,92	99,34	95,23	3,43
10	02/05-08/05	97,08	96,84	99,75	98,27	93,81	100,00	97,59	2,24
11	09/05-15/05	99,00	98,65	100,00	99,75	95,78	-----	98,86	1,61
12	16/05-22/05	99,95	100,00	-----	100,00	98,98	-----	99,82	0,41
13	23/05-29/05	100,00	-----	-----	-----	99,89	-----	99,98	0,04
14	30/05-02/06	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100,00	0,00

Fonte: Starzynski, 2018.

Source: Starzynski, 2018.

Embora exista uma grande carência de estudos que estabeleçam uma data fixa para o início da atividade de coleta de forma a garantir a manutenção da espécie e de seus serviços ecossistêmicos, bem como proporcionar renda para as comunidades coletoras, pode-se sugerir a adoção dos procedimentos adotados em alguns estados do sul do Brasil, produtores de pinhão, que criaram instrumentos legais próprios alterando o período do defeso previamente determinado. O Estado de Santa Catarina, através da Lei nº 15.457 (Santa Catarina, 2011) antecipou para o dia 1º de abril o final do período de defeso, da mesma forma que fez o Estado do Paraná através da Resolução SEMA nº 18 de 2014 (Paraná, 2014). Outra estratégia para aumentar o rendimento das comunidades coletoras é agregar valor ao pinhão através de sua comercialização como produto orgânico oriundo do extrativismo, cujas normas estão estabelecidas em legislação (Brasil, 2009). Os produtores familiares podem também se beneficiar da Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade, programa criado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, que oferece uma subvenção para o pinhão vendido abaixo do preço mínimo estabelecido para cada ano.

4 CONCLUSÃO

Devido ao relevo acidentado e solos de baixa aptidão agrícola o município de Cunha possui grande vocação florestal por apresentar 65,31% de sua área com declividade superior a 18%. Excluindo-se da área municipal total as áreas de aptidão agrícola, áreas edificadas, APPs de beira de curso d'água e nascentes, cobertura vegetal nativa e Unidades de Conservação da Natureza, bem como as áreas com altitude inferior a 900 m, verifica-se que 40,60% (57.133,16 ha) da área do município apresentam características apropriadas para serem reflorestadas com Araucária em diferentes arranjos produtivos. Integrante da paisagem do município há vários séculos, geradora de receitas relacionadas à venda do pinhão e atividades turísticas, além de promotora da sustentabilidade econômica de comunidades rurais, a Araucária apresenta grande potencial de geração de trabalho e renda através da coleta de pinhão em áreas de ocorrência natural e da expansão dos plantios, aliando assim aspectos conservacionistas com socioeconômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, M.M.; FICHINO, B.S. Construção participativa de diretrizes para o manejo sustentável do pinhão (*Araucaria angustifolia*) a partir de uma visão da conservação da floresta com Araucária e do uso do pinhão. **Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**, n. 43, p.1-60, 2014.
- ANSELMINI, J.I.; ZANETTE, F. Polinização controlada em *Araucaria angustifolia*. **Cernea**, v. 18, n. 2, p. 247-255, 2012.
- BITENCOURT, A.L.V.; KRAUSPENHAR, P.M. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 1, p. 109-116, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa Conjunta nº 17, de 28 de maio de 2009. Aprova as normas técnicas para obtenção de produtos orgânicos oriundos do extrativismo sustentável orgânico. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-conjunta-mapa-mma-no-17-de-28-de-maio-de-2009-extrativismo-sustentavel-organico.pdf/view>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- _____. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera o Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/codigo-florestal/codigo-florestal-brasileiro-completo-e-atualizado-lei-127272012>>. Acesso em: 28 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_443_2014_lista_esp%C3%A9cies_amea%C3%A7adas_xtin%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- CACCAVARI, M.A et al. **Biología reproductiva de *Araucaria angustifolia* - Estudios palinológicos:** viabilidad del polen, fertilización; Fenología de la polinización. Relatório PROYECTO IPGRI: Conservación, manejo y uso sustentable de florestas con *Araucaria angustifolia*. 2000. 20 p.
- CAVALCANTE, M.S. **Comidas dos Nativos do Novo Mundo**. Barueri, SP: Sá, 2014. 403 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Pinheiro do Paraná. **Circular técnica**, n. 60, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/304455/1/CT0060.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- _____. **Valor nutricional do pinhão**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/valor-nutricional-do-pinhao>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul:** ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. **Portaria Normativa DC-20, de 27 de setembro de 1976**. Disponível em: <<http://www.sindigeroscaxias.com.br/PinhaoPortDC20.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cunha**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/cunha/panorama>>. Acesso em: 26 nov. 2019.
- INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Estado de São Paulo** - Mapeamento da Cobertura Vegetal Nativa. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2020/08/novo-inventario-florestal-do-esp-aponta-crescimento-de-214-mil-hectares-de-vegetacao-nativa-no-territorio-paulista/>>. Acesso em: 18 ago. 2020.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Sao-Paulo-5088.html>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.mT32975A2829141.en>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992. 352 p.

PARANÁ (Estado). Resolução SEMA nº 18, de 31 de março de 2014. Estabelece normas para a colheita e a comercialização do pinhão no Estado do Paraná e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=268838>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

PASIN, J.L. **Vale do Paraíba. Estrada Real. Caminhos & Roteiros**. Lorena - SP. Centro Universitário Salesiano, 2004. 142 p.

REIS, M.S.; LADIO, A.; PERONI, N. Landscapes with *Araucaria* in South America: evidence for a cultural dimension. **Ecology and Society**, v. 19, n. 2, p. 43, 2014. Disponível em: <<https://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss2/>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2nd ed. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 1978. 296 p.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo. Instituto Florestal, 2017, v.1, 118p. (inclui Mapas).

SANTA CATARINA (Estado). Lei nº 15.457, de 17 de janeiro de 2011. Regulamenta a colheita do pinhão. Disponível em: <<http://server03.pge.sc.gov.br/LegislacaoEstadual/2011/015457-011-0-2011-001.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 6.171, de 04 de julho de 1988. Dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1988/lei-6171-04.07.1988.html>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 41.719, de 16 de abril de 1997. Regulamenta a Lei nº 6.171, de 04 de julho de 1988, alterada pela Lei nº 8.421, de 23 de novembro de 1993, que dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1997/decreto-41719-16.04.1997.html>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

_____. Resolução SAA nº 11, de 15 de abril de 2015. Dispõe sobre normas e procedimentos para aplicação do Decreto nº 41.719/1977 que trata do uso, conservação e preservação do solo agrícola no Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-n-11-de-15-04-2015,1024.html>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

_____. Resolução SMA nº 189, de 20 de dezembro de 2018. Estabelece critérios e procedimentos para exploração sustentável de espécies nativas do Brasil no Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/2018/12/resolucao-sma-189-2018-processo-11895-2013-criterios-e-procedimentos-para-exploracao-sustentavel-de-especies-nativas.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

SOUZA, M.I.F. et al. Patterns of genetic diversity in southern and southeastern *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze relict populations. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 3, p. 546-556, 2009.

STARZYNSKI, R. Distribuição temporal da queda de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no município de Cunha-SP, Brasil. **IF Série Registros**, n. 56, p. 37-46, 2018.

VELOSO, J.J.O. **A História de Cunha – 1600-2010**: Freguesia do Facão - A Rota da Exploração das Minas e Abastecimento de Tropas. São José dos Campos, SP: JAC, 2010. 496p.

VILCAHUAMAN, L.J.M.; BAGGIO, A.J. **Guia Prático Sobre Arborização de Pastagens**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 15p.

WENDLING, I.; ZANETTE, F. **Araucária**: particularidades, propagação e manejo de plantios. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 159 p.

WOOD POTENTIAL OF 33-YEAR-OLD *Corymbia citriodora* FOR PULP AND PAPER IN THREE SOIL TYPES¹

POTENCIAL DA MADEIRA DE *Corymbia citriodora* DE 33 ANOS DE IDADE PARA PAPEL E CELULOSE EM TRÊS TIPOS DE SOLOS

Willyam de Lima VIEIRA^{2,5}; Erick Phelipe AMORIM³; Miguel Luiz Menezes FREITAS⁴; Iraê Amaral GUERRINI²; Márcio ROSSI⁴; Eduardo Luiz LONGUI^{4,5}

ABSTRACT - The pulp and paper industry is important to the Brazilian economy. In the present study, we investigated *Corymbia citriodora* wood in three soil types: Quartzarenic Neossol, Red Latosol and Red Nitosol. We aimed to determine how differences in physical, chemical and water-holding capacity among these three types of soils can cause changes in wood density and anatomical ratios in *C. citriodora* wood, important parameters in the production of pulp and paper. We used standard techniques in the methodology. Soil types did influence wood quality and could be used as a factor in considering the final quality of the product. *Corymbia citriodora* wood have not previously been considered for use in paper/pulp production. However, if we consider wood density as a key factor, wood from Red Nitosol - NV trees can be used since lower basic densities were identified and are most appropriate for the production of printing and writing paper, owing to fiber features. Otherwise, woods from Quartzarenic Neossol - RQ and Red Latosol - LV trees are more suitable for absorbent paper (tissue). We found that more clayey soil promotes lower basic density, and NV soil was found to be the most clayey of the studied soils. Based on nutritional information from soil, it appears that wood from LV soil trees would be the most suitable for present fewer problems in production. However, to be sure of this tentative conclusion, the contents of these nutrients would have to be analyzed in wood ash.

Keywords: Wood fibers; Quartzarenic neossol; Red latosol; Red nitosol; Wood density.

RESUMO - A indústria de celulose e papel é importante para a economia brasileira. No presente estudo, investigamos a madeira de *Corymbia citriodora* em três tipos de solo: Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho. Objetivamos determinar como as diferenças físicas, químicas e de retenção de água entre esses três tipos de solos podem causar alterações na densidade da madeira e nos parâmetros importantes na produção de celulose e papel de *C. citriodora*. Utilizamos técnicas padrão na metodologia. Os tipos de solo influenciaram na qualidade da madeira e poderiam ser usados como um fator a considerar na qualidade final do produto. A madeira de *C. citriodora* não foi considerada anteriormente para uso na produção de papel e celulose. No entanto, se considerarmos a densidade da madeira como um fator-chave, a madeira das árvores no Nitossolo Vermelho - NV pode ser usada, uma vez que densidades básicas mais baixas foram identificadas e são mais apropriadas para a produção de papéis de impressão e escrita, devido às características das fibras. Enquanto que as madeiras das árvores no Neossolo Quartzarênico - RQ e Latossolo Vermelho - LV são mais adequadas para papel absorvente (tissue). Sugerimos que um solo mais argiloso proporciona menor densidade básica da madeira, e o solo NV foi considerado o mais argiloso entre os solos estudados. Com base nas informações nutricionais do solo, a madeira das árvores do solo LV seria a mais adequada por apresentar menos problemas na produção. No entanto, para ter certeza dessa conclusão experimental, o conteúdo desses nutrientes teria que ser analisado em cinzas de madeira.

Palavras-chave: Fibras de madeira; Neossolo quartzarênico; Latossolo vermelho; Nitossolo vermelho; Densidade da madeira.

¹Recebido para análise em 28.07.2020. Aceito para publicação em 20.10.2020.

²Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Avenida Universitária, 3780, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil.

³Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Rodovia João Leme dos Santos, SP-264, 18052-780, Sorocaba, SP, Brasil.

⁴Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

⁵Autor para correspondência: Willyam de Lima Vieira - willyamvieira84@gmail.com; Eduardo Luiz Longui - edulongui@gmail.com

1 INTRODUCTION

The pulp and paper industry is important to the Brazilian economy. According to Bracelpa (2012), pulp had record performance in foreign markets, with Brazil standing out in global trade as the largest exporter of this product. These results can be explained by Brazil's high efficiency and competitiveness in pulp production, largely based on soil and climate conditions, as well as history of investment in forest research and development, as carried out by companies in the sector and by research agencies. Under these favorable conditions, national pulp production has been growing fast since the early 1990s (Hora, 2017). According to Bracelpa (2012), Brazil had a total of 7.83 million hectares in 2018 planted for industrial purposes. Thus, Brazil solidified its position as the world's second largest producer of cellulose pulp, behind only the USA. A total of 21.1 million tons of high-yield pulp were produced, including both short fiber from *Eucalyptus* and long fiber from *Pinus*.

Almost all pulp and paper preparations are made from wood of different species, and most of the raw material is from *Pinus* and *Eucalyptus* species (Foelkel, 2009; Hora, 2017). Wood pulp made from hardwood and softwood trees has different attributes. In Europe, hardwoods account for 29% and softwoods 71% of wood consumption (CEPI, 2019). *Eucalyptus* is one of the most used woods in the world for production of short fiber cellulose, and the most currently used species by their wood characteristics are *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, hybrids of *E. grandis* x *E. urophylla* and *Eucalyptus dunnii* (southern region of Brazil). For the southern region, *Eucalyptus benthamii* is harvested owing to its tolerance to frost (EMBRAPA, 2020).

In spite of technological developments over the years and equipment used in paper production, suitability for use in pulp and paper production always comes down to variations in the wood (Foelkel, 2009). Thus, it is always necessary to discover and study new species, as well as study species already used in pulp/paper production, but under different conditions of growth and development, to establish germplasm banks or develop new production processes.

More than half of the paper used globally is for packaging, and this use has been increasing in recent years (FAO, 2016). Thus, studies are needed to confirm the quality of new materials to meet this particular demand. In this way, it is essential to study *Eucalyptus* and *Corymbia* species under different conditions in order to find new materials for pulp and paper production. In this context, we highlight *Corymbia citriodora* planted experimentally in units of the Forest Institute (Gurgel-Garrido et al., 1997).

To confirm the quality of wood for paper and cellulose production, several characteristics need to be investigated, including soil and climate conditions, type and planting management, tree growth and development, as well as such wood characteristics as density and cellular variations. According to Foelkel (2009), some essential characteristics for pulp and paper production are tree volume, wood density, the percentage of chemical constituents, such as extractives, lignin and holocellulose, and the characteristics and proportions of the cells that make up the wood.

Other essential data are obtained from knowledge about wood quality, in particular density, which is defined as the ratio of mass to volume expressed by the International System – IS in units of kilograms per cubic meter (kg.m^{-3}). Density is used to estimate mechanical properties (Hoadley, 2000), but it is also an important parameter for estimating wood quality as a raw material for the pulp and paper industry. In general, higher density is found in regions of adult wood compared to young wood, and according to Foelkel (2009), the latter has more appropriate characteristics for paper production. As determined by the Runkel Index, fiber characteristics, as obtained from fiber lumen dimensions and fiber wall thickness, are the best parameters for determining paper quality. Additionally, Horn (1978) reports that the Runkel index is a microscopic extension of wood density, precisely by using the fiber characteristics mentioned above. Thus, the study of anatomical variations is essential for understanding and choosing species for paper and pulp production. Differences in the characteristics of cells, parenchyma, vessels, and, especially, fibers, directly influence the quality of raw material for this purpose. Different quality indices can be calculated based on fiber features.

In the present study, we investigated the wood of *Corymbia citriodora* (Hook.), K.D. Hill, & L.A.S. Johnson (formerly *Eucalyptus citriodora* Hook.) in three soil types: Quartzarenic Neossol, Red Latosol and Red Nitosol. We aimed to determine how differences in physical, chemical and water-holding capacity among these three types of soils can cause changes in wood density and anatomical ratios for pulp and paper in *C. citriodora* wood.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Provenances of the seeds, planting area and sampling

In 1982, *Corymbia citriodora* seeds of open-pollinated plants were collected in commercial plantations in Pederneiras State Forest, located in Pederneiras City, São Paulo State, Brazil (22°27'S, 48°44'W, elevation 500 m), categorized as CWa according to the Köppen climate classification scheme. In 1983, the progeny test was established with 56 progenies at the Luiz Antônio Experimental Station (LAES), Luiz Antônio City, São Paulo State (21°40'S, 47°49'W, elevation 550 m) (Gurgel-Garrido et al., 1997). According to CEPAGRI (2019), the average annual rainfall is 1,365 mm, and the average annual temperature is 21.7° C, with the warmest months occurring in January, February and March and the coldest months occurring in May, June and July.

The planting was established at a spacing of 3 m x 2 m, with one external border row of the same species, but without fertilization. The planting was installed with the same design in three different soil types, according to the LAES soil map (Rossi et al., 2016), by the Brazilian system of soil classification (SiBCS) (EMBRAPA, 2019). Site 1 has soil classified as Quartzarenic Neossol (symbol is RQ). Site 2 has Red Latosol (LV) soil, and site 3 is classified as Red Nitosol (NV). The correspondences among classes of SiBCS when compared to WRB/FAO and Soil Taxonomy/USDA are RQ (arenosols / quartzipsamments), LV (ferralsols / oxisols) and NV (nitisols / Oxisols - Kandic) by EMBRAPA (2019).

In 2008, the LAES team determined height, DBH (Diameter at Breast Height - 1.30 m from the ground) and stem shape, using a grading system, with values ranging from one (worst grade, crooked trunks) to five (best grade, straighter trunks), and survival. In 2015, the LAES team conducted new growth, shape and survival analyses, but competition among the trees was added. The 2008 and 2015 information served as

our basis for selecting 18 trees (one of each progeny, the same progeny in each soil type), the tallest and largest in diameter, for each type of soil, totaling 54 trees.

In 2016, we felled the selected trees, and from each tree, a log, 1 meter in length, was cut at the region immediately below the breast height. From logs, a central plank (5 cm thick) was cut, and from these planks, we cut three specimens in three radial positions: the nearest part of trunk center, designated as pith, a middle position, and a position close to the bark, designated as bark.

2.2 Soil sampling and analysis

We performed physical and soil water retention analysis according to EMBRAPA (1997) in undeformed samples. We collected samples at depths between 0–20 cm, three points within plantation, and then we mixed samples to prepare a composite sample. We repeated the same procedure for each soil type. For texture analysis, we determined the percentages of sand, clay and silt. We also determined soil water retention content and soil bulk density with volumetric cylinder, using three samples of each soil type.

Air-dried soil samples were analyzed for Phosphorus (P); Aluminum (Al); H+Al; Aluminum Saturation (m%); basic cations, including Potassium (K), Calcium (Ca), and Magnesium (Mg); sum of the bases Ca, Mg and K (SB); pH; base saturation (V%); the micronutrients Boron (B), Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn) and Zinc (Zn); Cation Exchange Capacity (CEC); and total Organic Carbon (O.M.). Chemical soil analysis was carried out according to Raij et al. (2001).

2.3 Basic density

Basic density was determined by finding the ratio between dry mass and saturated volume. The specimens (5 cm x 3 cm x 2 cm) were immersed in water and were considered saturated when they presented constant mass during monitoring in the laboratory. Subsequently, the specimens were dried in an oven at 105°C ± 2°C to obtain the dry mass. Saturation volume was obtained by the hydrostatic balance method. Wood basic density was calculated by determining the relationship between dry mass and saturated volume in accordance with the Brazilian standard ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003).

$$pbas = \frac{Dm}{Sv}$$

where pbas = basic density (kg.m⁻³), Dm = Dry mass (kg) and Sv = Saturated Volume (m⁻³).

2.4 Anatomical analyses

We cut small pieces of wood from each sample for maceration using Franklin's method (Berlyn e Miksche, 1976). Wood fragments were stained with aqueous safranin 1% and mounted temporarily in a solution of water and glycerin (1:1). Samples of 2 cm³ were softened in boiling water and glycerin (4:1) for 1 hour. From these samples, transverse sections 20µm in thickness were obtained with a sliding microtome. Sections were bleached with sodium hypochlorite (60%), washed thoroughly in water, and stained with 1% safranin (Johansen, 1940).

Measurements followed the recommendations of the IAWA (1989). Quantitative data were based on at least 25 measurements for each feature from each tree, thus fulfilling statistical requirements for the minimum number of measurements. The proportions of fibers, vessels, axial parenchyma and rays in the transverse sections were measured using a 25-point grid for each sample. Anatomical measurements were obtained using an Olympus CX 31 microscope equipped with a camera (Olympus E330 EVOLT) and computer image analysis software (Image-Pro 6.3).

2.5 Anatomical ratios for pulp and paper

From values of Length (L), Diameter (D), lumen diameter (d) and fiber wall thickness (w), we calculated the following ratios for pulp and paper: Flexibility Coefficient (FC), Wall Proportion (WP), Runkel Ratio (RR), Slenderness Ratio (SR), and Luce's Shape Factor (LSF) (Pirralho et al., 2014).

$$FC = \frac{d}{D}$$

$$WP = \frac{2 \cdot w}{D} \times 100$$

$$RR = \frac{2 \cdot w}{d}$$

$$SR = \frac{L}{D}$$

$$LSF = \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2}$$

2.6 Data analyses

We initially undertook descriptive statistical analysis and used Box Plot graphics to detect outliers. Thus, values 1.5 times higher than the 3rd quartile and values 1.5 times lower than the 1st quartile were excluded from the analysis. Normality tests were performed to check the distribution of data, and when a normal distribution was not observed, data were square root-transformed. Then, a parametric analysis of variance (one-way analysis of variance (ANOVA)) was performed. When a significant difference was observed, Tukey's test was used to identify pairs of significantly different means. We analyzed the radial variation within the same tree and also three radial positions together, comparing the results in three soil types.

3 RESULTS

According to granulometry analyses, the three soil types are reflective of different textures. RQ is classified sandy texture and has 52% coarse sand, 41% fine sand, 4% clay and 3% silt. LV is medium texture and has 40% coarse sand, 41% fine sand, 16% clay and 3% silt. NV is clayey texture and presented the lowest amount of coarse sand (6%), fine sand (13%) and the largest amount of clay (52%) and silt (29%) (Table 1).

For chemical attributes, we observed differences in pH, organic matter, macronutrient and micronutrient, as well as base saturation. We noticed the most acidic pH in LV, and we noticed higher organic matter in NV. LV and RQ had high Al³⁺, but phosphorus, potassium, calcium and magnesium had low values. Sulfur has average reference values for all three soil types. On the other hand, significant differences were observed for micronutrients. LV and RQ had lower values, and NV had higher values. In all soils, we found high levels of iron and low values manganese and zinc for LV and RQ. NV had high values for all macronutrients and micronutrients. According to the reference values, base saturation (V%) was very low for LV and RQ, but in the mid-range for NV soils (Table 2). RQ had higher soil density, while NV had lower density and higher retained water (Table 3).

Table 1. Physical attributes of three soil types (0-20 cm layer) of 33-year-old *Corymbia citriodora* plantings.Tabela 1. Atributos físicos dos três tipos de solos (camada 0-20 cm) do plantio de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade.

Soils	Sand			Clay	Silt	Soil texture
	Coarse	Fine	Total (g.kg ⁻¹)			
RQ	516	415	930	43	27	Sand
LV	399	413	812	158	30	Sandy loam
NV	65	130	195	519	286	Clay

Quartzarenic Neossol - RQ; Red Latosol - LV; Red Nitosol - NV.

Neossolo Quartzarênico - RQ; Latossolo Vermelho - LV; Nitossolo Vermelho - NV.

Table 2. Chemical attributes of the soil of the 33-year-old *Corymbia citriodora* plantation in three types of soils (0-20 cm layer).Tabela 2. Atributos químicos do solo do plantio de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade em três tipos de solos (camada 0-20 cm).

Soils	pH	O.M	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	S	SB	CEC	m%	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ⁻³ -----										-----mg.dm ⁻³ -----				
RQ	4.1	7	3	6	29	0.4	2	1	7	3	32	64	9	0.15	0.2	88	0.5	0.1
LV	3.8	10	4	10	56	0.4	2	1	6	3	59	75	5	0.20	1.4	68	0.9	0.1
NV	4.6	24	96	1	92	6.1	62	13	7	81	173	1	47	0.26	14.6	49	94.8	4.4

Quartzarenic Neossol - RQ; Red Latosol - LV; Red Nitosol - NV. Total Organic Carbon (O.M); Phosphorus (P); Aluminum (Al); H+Al; Potassium (K); Calcium (Ca); Magnesium (Mg); Sulfur (S); Sum of the Bases Ca, Mg and K (SB); Cation Exchange Capacity (CEC); Aluminium Saturation (m%); Base Saturation (V%); Boron (B); Copper (Cu); Iron (Fe); Manganese (Mn) and Zinc (Zn).

Neossolo Quartzarênico - RQ; Latossolo Vermelho - LV; Nitossolo Vermelho- NV. Matéria Orgânica Total (O.M).; Fósforo (P); Alumínio (Al); H+Al; Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Enxofre (S); Soma das Bases Ca, Mg e K (SB); Capacidade de Troca Catiônica (CEC); Saturação de Alumínio (m%); Saturação de Base (V%); Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganês (Mn) e Zinco (Zn).

Table 3. Average retained water and soil density of 33-year-old *Corymbia citriodora* plantation in three soil types (0-20 cm layer).Tabela 3. Média de retenção de água e densidade do solo de plantio de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade em três tipos de solos (camada 0-20 cm).

Soils	Retained water (dm ³ .dm ⁻³)									Soil density (kg.dm ⁻³)
	Saturated	Tension (MPa)								
		0.003	0.006	0.01	0.03	0.1	0.5	1.5		
RQ	0.43	0.33	0.22	0.13	0.09	0.07	0.06	0.05	1.85a	
LV	0.53	0.39	0.29	0.19	0.14	0.12	0.10	0.10	1.70b	
NV	0.63	0.47	0.44	0.38	0.33	0.31	0.29	0.29	1.51c	

Quartzarenic Neossol - RQ; Red Latosol - LV; Red Nitosol - NV.

Neossolo Quartzarênico - RQ; Latossolo Vermelho - LV; Nitossolo Vermelho - NV.

We observed a gradual increase of wood density from the pith to the bark in LV and NV soils, whereas in RQ soil, pith showed lower density, and no significant difference was noted between intermediate and bark positions. Among soil types, we observed lower density in NV, and no significant differences were seen between LV and RQ (Table 4).

We found a gradual increase in pith-to-bark direction for fiber length in the three soil types. Fibers with larger diameter occur in bark. Fiber lumen diameter gradually decreased toward the bark in the three soil types. Fiber wall thickness increased gradually from pith-to-bark in the three soil types. Longer fibers with larger diameter and larger lumen diameter occurred in NV, and smaller

diameter fibers occurred in LV. Thicker wall fibers occurred in RQ (Table 4).

Flexibility coefficient gradually decreased from pith-to-bark in the three soil types. Wall proportion, RR and LSF all increased from pith-to-bark in the three soil types. While SR showed lower values in pith, it showed higher values and no difference in intermediate and bark positions, respectively (Table 4).

Among the soil types, flexibility coefficient was higher in NV. Wall proportion showed no differences between LV and RQ soils, but a lower value could be observed in NV. RR was higher in RQ and lower in NV. Slenderness ratio was higher in LV, and no difference was observed between RQ and NV soils. Luce's shape factor was lower in NV (Table 4).

Table 4. Radial variation of density and ratios for pulp and paper in 33-year-old *Corymbia citriodora* wood in three soil types.

Tabela 4. Variação radial da densidade e taxas de papel e celulose na madeira de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade em três tipos de solos.

	Quartzarenic Neossol				Red Latosol				Red Nitosol			
	Pith	Inter	Bark	mean	Pith	Inter	Bark	mean	Pith	Inter	Bark	mean
WD	0.85b	0.93a	0.95a	0.91A	0.82c	0.93b	1.01a	0.92A	0.80c	0.85b	0.95a	0.87B
FL	947c	989b	1037a	991B	901c	1014b	1071a	995B	905c	1065b	1099a	1023A
FD	15.5b	15.3b	16.2a	15.7B	14.8b	14.9b	15.4a	15.0C	16.0b	16.4b	17.0a	16.5A
FLD	4.8a	3.3b	2.7c	3.6B	4.4a	3.5b	2.9c	3.6B	6.1a	4.7b	4.0c	4.9A
FWT	5.3c	5.9b	6.7a	5.7B	5.2c	5.7b	6.2a	5.7B	4.9c	5.8b	6.5a	6.0A
FC	30.29a	21.37b	16.59c	22.75B	28.92a	22.86b	18.80c	23.52B	37.45a	28.36b	23.05c	29.62A
WP	69.70c	78.62b	83.40a	77.24A	71.07c	77.13b	81.20a	76.47A	62.54c	71.63b	76.94a	70.37B
RR	3.03c	4.68b	6.04a	4.58A	3.01c	4.34b	5.07a	4.14B	2.09c	3.38b	4.23a	3.23C
SR	62.55b	65.81a	65.66a	64.67B	62.69b	69.22a	71.11a	67.67A	58.03b	66.37a	66.16a	63.52B
LSF	0.81c	0.90b	0.93a	0.88A	0.83c	0.88b	0.92a	0.88A	0.74c	0.83b	0.88a	0.82B

In the same row, distinct letters differ statistically ($P < 0.05$) by Tukey test. Pith = Wood near the Pith. Inter = Wood of Intermediate position. Bark = Wood next to the Bark. M = Mean between radial positions. Lowercase letters for differences between radial positions and uppercase letters for differences between soil types. WD = Wood Density (g.cm^{-3}); FL = Fiber Length (μm); FD = Fiber Diameter (μm); FLD = Fiber Lumen Diameter (μm); FWT = Fiber Wall Thickness; FC = Flexibility Coefficient; WP = Wall Proportion (%); RR = Runkel Ratio; SR = Slenderness Ratio; LSF = Luce's Shape Factor.

Na mesma linha, letras distintas diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Medula = Madeira perto da Medula. Inter = Madeira de posição Intermediária. Casca = Madeira próxima à Casca. M = média entre as posições radiais. Letras minúsculas para diferenças entre posições radiais e letras maiúsculas para diferenças entre tipos de solo. WD = Densidade da Madeira (g.cm^{-3}); FL = Comprimento da Fibra (μm); FD = Diâmetro da Fibra (μm); FLD = Diâmetro do Lúmen da Fibra (μm); FWT = Espessura da Parede da Fibra; FC = Coeficiente de Flexibilidade; WP = Fração Parede (%); RR = Índice de Runkel; SR = Índice de Esbeltez; LSF = Fator de Forma de Luce.

Fiber percentage increased gradually from the pith to the bark in RQ. In LV and NV, fiber percentage was higher in intermediate and bark positions. Vessel percentage did not vary in radial positions in the three soil types. Axial parenchyma percentage increased gradually from the pith to the bark in RQ and was higher in pith in LV and NV.

Radial parenchyma percentage in RQ soil was higher in intermediate and bark positions, but decreased from pith to bark in LV, not varying at all in radial positions in NV (Figure 1). When considering the three positions together, we observed differences in vessel percentages, higher in RQ, and radial parenchyma, higher in LV and NV (Figure 2).

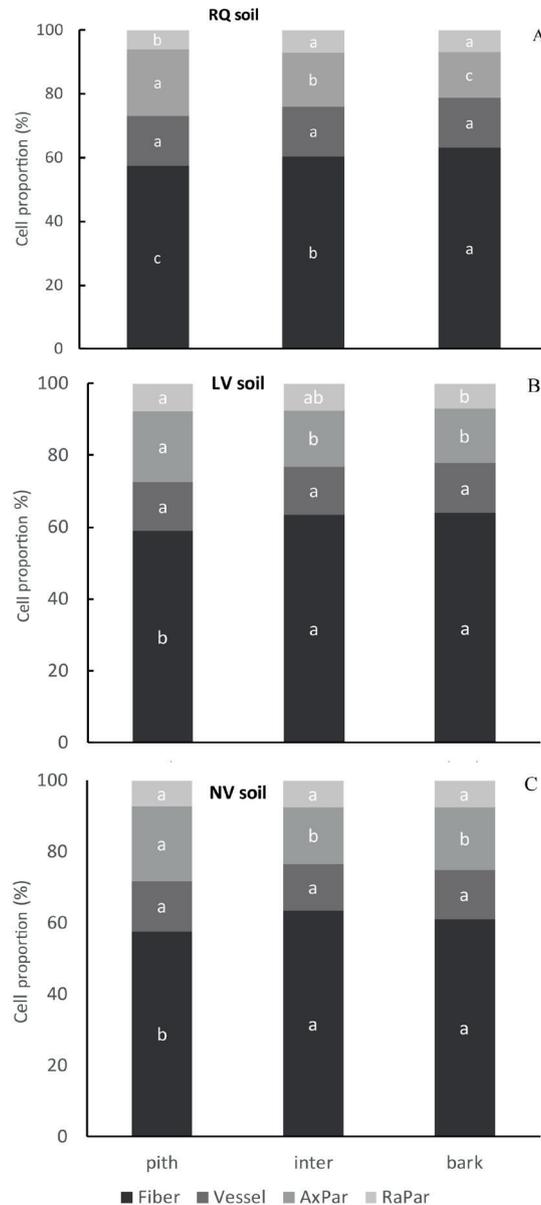


Figure 1. Proportion of cells in 33-year-old *Corymbia citriodora* wood in three soil types. Pith = Wood near the Pith. Inter = Wood of Intermediate position. Bark = Wood next to the Bark. Quartzarenic Neossol - RQ; Red Latosol - LV; Red Nitosol - NV.

Figura 1. Proporção de células da madeira de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade em três tipos de solo. Medula = Madeira perto da Medula. Inter = Madeira de posição Intermediária. Casca = Madeira próximo a Casca. Neossolo Quartzarênico - RQ; Latossolo Vermelho - LV; Nitossolo Vermelho - NV.

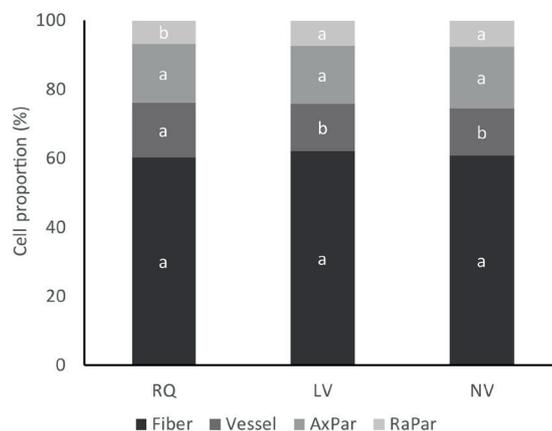


Figure 2. Proportion of cells in 33-year-old *Corymbia citriodora* wood in three soil types. Quartzarenic Neossol - RQ; Red Latosol - LV; Red Nitosol - NV. In each soil, the values are mean between radial positions.

Figura 2. Proporção de células da madeira de *Corymbia citriodora* de 33 anos de idade em três tipos de solo. Neossolo Quartzarênico - RQ; Latossolo Vermelho - LV; Nitossolo Vermelho - NV. Em cada solo, os valores médios são entre as posições radiais.

4 DISCUSSION

Wood density followed the pattern commonly reported in the literature, increasing toward the bark. Among soil types, wood from NV trees presented the lowest density, which is theoretically linked to highest quality for pulp and paper. Santos and Sansígolo (2007) and Mokfienski et al. (2008) report that pulps from wood with lower basic densities are ideal for production of printing and writing paper, owing to fiber features, e.g., fibers with thinner walls. Thus, if we use density to choose raw material, wood from NV, as described in our study, would, potentially, be more appropriate for the production of printing and writing paper. However, wood from NV has longer fibers with larger diameter, larger lumen diameter and wall thickness. Although fibers, in percentage terms, are the cells most present in wood, (Baas et al., 2004; Lachenbruch et al., 2011), we must consider the characteristics of other cells and their proportions. Otherwise, pulps from denser woods are ideal for absorbent paper, owing to fibers with thicker walls (Santos e Sansígolo 2007; Mokfienski et al., 2008). In this context, wood from RQ and LV soils are more suitable for absorbent paper (tissue) based on higher density compared to wood from NV soil. However, wood samples from the first two soil types have thinner wall fibers compared to wall fibers from NV but showed a higher wall proportion in both soils.

Sansígolo and Ramos (2011) studied approximately 4-year-old *Eucalyptus grandis* planted in three different fertile soils and compared trees from

less fertile soils to trees from more fertile soils. Trees in the former category tended to have higher wood density, higher total and screened yields from pulping, lower specific wood consumption of pulp, and higher tear and tensile indices at low refining levels. The results corroborate those of our study in which lower wood density was found in the more fertile NV soil. Wood density is positively correlated with fiber flexibility coefficient. According to Saikia et al. (1997), wood with good flexibility values are suitable for production of paper with high mechanical resistance, such as writing, printing and packaging. Therefore, we suggest that NV soil with highest FC value has good potential for meeting these demands.

Studying the influence of soil on the quality of *Pinus taeda* wood for production of kraft pulp, Rigatto et al. (2004) found that wood from places with more clayey soil had lower basic density. We found the same result for *C. citriodora* since tree wood from NV soil, which is the most clayey of the three soils, presented lower density, showing that even in very different species (*P. taeda* and *C. citriodora*), a negative relationship seems to arise between soil clay content and wood density. Clayier soils tend to retain more water than sandy soils, these environmental conditions can favor a decrease in wood density due to increased cambial activity. The vascular cambium in these favorable conditions can produce fibers and vessels with greater frequency and diameter and with thin cell wall (Castro et al., 2020).

Studying the effect of *E. grandis* wood density on papermaking, Cremonez et al. (2019) concluded that increase in wood density did not promote variations in pulp yield, considering the same cooking conditions. However, denser wood had lower specific consumption, making it difficult to ignite and, hence, impairing selectivity of the pulping process. From this point of view, wood from NV trees would be more suitable for papermaking owing to lower density.

Soil chemical composition can also influence the production process and, consequently, paper quality. TAPPI (2006) describes difficulties in paper processing that can arise because of the presence or the excess of certain nutrients in wood. In our study, we did not perform ash assessments, so results are estimated based on the presence of these nutrients in the soil. According to TAPPI (2006), calcium in dissolving pulps can cause difficulties in viscose spinning and film casting operations. Copper may interfere with the color of dyes to be used in the pulp, have an adverse effect on paper permanence, and affect dissolving pulp quality. Manganese in pulp acts as a catalyst in oxidizing cellulose; i.e., it adversely affects paper permanence. NV soil has much more calcium, copper and manganese than the other two soil types based on the soil nutritional information, suggesting that wood from NV trees could present more problems during paper production. Iron in pulp can cause discoloration and problems in photographic and blueprint papers, as well as have an adverse effect on paper permanence and affect dissolving pulp quality. In this case, RQ showed the highest iron content and NV the lowest. Based on nutritional information from soil, it appears that wood from trees in LV soil would be most suitable for present fewer problems in production, but to be sure of this result, the contents of these nutrients would have to be analyzed in wood ash.

We evaluated flexibility coefficient and found a value of 0.37 in pith position in NV. This is classified as a thick wall type, in which fibers collapse very little and have little contact surface with little union between fibers. In all other positions, values were below 0.30, which means very thick wall type, in which fibers do not collapse and have very little contact surface with poor union between fibers. According to Bektas et al. (1999) flexibility coefficients between (50-75%) are considered elastic

fibers, ideal for paper production and flexibility coefficients below 30% are considered highly rigid fibers, not suitable for paper production.

In wall proportion, the higher this index, the more rigid and resistant to collapse fibers will be (Foelkel, 2009). In this case, wood fibers in RQ and LV trees had higher values than those of NV. However, paper with poor flexibility originating from fibers with very high wall proportion values tends to have lower tensile and burst strength (Boschetti et al., 2015).

Fibers with higher RR values are stiffer and less flexible (Ogunjobi et al., 2014), and they produce more porous papers compared to lower RR fibers (Kiaei et al., 2014). The lowest RR value was observed in NV; however, it is suggested that values above 2 are classified in grade 5, characterizing low-quality material for papermaking (Foelkel, 2009).

According to Agnihotri et al. (2010), SR interferes with paper density and tear resistance. This index is also directly related to pulp digestibility (Ohshima et al., 2005). In our study, we observed the highest SR value in LV.

Luce's form factor is also related to final density of paper sheet, and it may be a property used in species selection for wood quality for paper and pulp (Baldin et al., 2017). The authors studied different paper quality indices in four *Eucalyptus* species and found lower values than those of *C. citriodora*, even compared with pith position values (0.81 in RQ), which represents young wood from the studied trees. The values found for Luce's form factor for *C. citriodora* are considered high values. The Luce form factor may be related to the wall thickness, due to the fiber diameter and fiber lumen diameter being used in the equation for the Luce's form factor (Ohshima et al., 2005). Luce's form factor values reported in several studies for *Eucalyptus* species most used for pulp and paper as *E. grandis* (0.50) and *E. saligna* (0.49) (Baldin et al., 2017), *E. camaldulensis* (0.51) (Pirralho et al., 2014), *E. camaldulensis* (0.39, 0.37) and *E. globulus* (0.40, 0.47) (Ohshima et al., 2005). The authors mention these values as means.

In *Pinus taeda* wood, Rigatto et al. (2004) report shorter, wider and thinner-walled tracheids in more clayey soils. In *C. citriodora*, we observed longer, wider and thicker-walled fibers in wood from NV trees (more clayey soil in our study). Despite being from different plant groups, in the absence of other studies with same plant group, *Pinus* and *Corymbia* comparison can give an idea of results.

As previously noted, fibers are cells that mostly occur in wood (Baas et al., 2004; Lachenbruch et al., 2011), and they are certainly those cells that most influence pulp and paper quality. However, other cells, vessels and parenchyma also influence paper material quality. Fragments of cell walls of fibers or other cells, as well as whole vessel and parenchyma cells, and other debris are often referred to as fines. These fines cause problems during pulping and refining, as well as further pulp processing (Foelkel, 2009), with high quality pulps having lower fines (Fengel e Wegener, 1989). Counting the percentage of each cell type, fiber, vessel, or parenchyma is a way of estimating fines content.

When analyzing different radial positions, it would be obvious to consider wood from intermediate and bark position as lower quality for paper since in paper and pulp production, young trees are used. However, when analyzing the results in the three soils, we reported higher percentages of fibers from intermediate position to the bark. In addition, we found a larger proportion of axial parenchyma in the pith, representing the youngest wood that, theoretically, could be used in paper production. However, we saw a higher proportion of radial parenchyma in intermediate and bark positions in RQ and lower proportion in pith in LV. When analyzing the three positions together, such values complicate establishing quality by the higher proportion of vessels and lower proportion of radial parenchyma in pith. In general, it is desirable that woods present a lower fines content.

According to Foelkel (1997), papers have specific characteristics according to purpose. For example, in printing and writing papers, smoothness, opacity, formation, volume, porosity, printability, resistance, and dimensional stability are desirable. Such characteristics are obtained with a higher percentage of short and narrow fibers, with relative rigidity and good refinability, capable of holding together without collapsing, constituting a well-structured network, with good connection between fibers and low content of vessel elements. Otherwise, still according to Foelkel (1997), in sanitary papers (tissue), the desired properties are softness, softness to the touch, absorption, sensation of soft and bulky paper, resistance, low content of fines. Such characteristics are obtained with rigid fibers and with a low degree of collapsibility to resist embossing and creping, narrow fibers, low

hemicellulose content and relative resistance to refining, low parenchyma cell content, low connection between fibers, maintaining a loose network and porosity.

5 CONCLUSIONS

Previously a neglected species, *Corymbia citriodora* have attracted more interest for pulp and paper production. If we consider wood density, wood from Red Nitosol - NV trees can be used since lower basic densities are most appropriate for production of printing and writing paper, owing to fiber characteristics. Otherwise, woods from Quartzarenic Neossol - RQ and Red Latosol - LV trees are more suitable for absorbent paper (tissue). As for soil physical composition, more clayey soil promotes lower basic density, which occurred in NV soil, having the most clayey soil among the three studied soils. Based on nutritional information from soil, it appears that wood trees from the LV soil would be most suitable for present fewer problems in production, but to be sure of this result, the contents of these nutrients would have to be analyzed in wood ash. Quality index and proportion of cells also varied, and wood choice depends on the type of paper desired. In summary, soil types did influence wood quality and could be used as a factor in determining the final quality of the product.

REFERENCES

- AGNIHOTRI, A.; DUTT, D.; TYAGI, C.H. Complete characterization of bagasse of early species of *Saccharum officinarum*-CO 89003 for pulp and paper making. **Bioresources**, v. 5, n. 2, p. 1197-1214, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941-02**: determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003.
- BAAS, P. et al. **Evolution of xylem physiology**. In: POOLE, I., HEMSLEY, A. (Eds.). *Evolution of Plant Physiology*. London: Elsevier Academic Press, 2004. p. 273-295.
- BALDIN, T. et al. Anatomia da madeira e potencial de produção de celulose e papel de quatro espécies jovens de *Eucalyptus* L'Hér. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 2, p. 114-126, 2017.

BEKTAS, I.; TUTUS, A.; EROGLU, H. A study of the suitability of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) for pulp and paper manufacture. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 23, p. 589-599, 1999.

BERLYN, G.P.; MIKSCHE, J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames, Iowa: State University Press, 1976. 326p.

BOSCHETTI, W.T.N. et al. Características anatômicas para produção de celulose do lenho de reação de árvores inclinadas de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, n. 6, p. 459-467, 2015.

BRACELPA - Confederação Nacional da Indústria. Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Florestas plantadas: oportunidades e desafios da indústria brasileira de celulose e papel no caminho da sustentabilidade**. Brasília: CNI, 2012. 61p.

CASTRO, V.R. et al. The effect of soil nutrients and moisture during ontogeny on apparent wood density of *Eucalyptus grandis*. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-9, 2020.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. Available at: <<https://www.cpa.unicamp.br/>; 2019>. Accessed in: May 20th 2019.

CONFEDERATION OF EUROPEAN PAPER INDUSTRIES - CEPI. Pulping properties of hardwoods and softwood. 2019. Available at: <<http://www.cepi.org/node/22335>>. Accessed in: April 22th 2020.

CREMONEZ, V.G. et al. Wood basic density effect of *Eucalyptus grandis* in the paper making. **Revista Matéria**, v. 24, n. 3. p. 1-11, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**, 2 ed, Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

_____. **WRB/FAO and Soil Taxonomy**, Available at: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/correlacao-com-wrb-fao-e-soil-taxonomy/>>. Accessed in: May 20th 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Transferência de Tecnologia Florestal: Perguntas e Respostas**. Available at: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Accessed in: May 13th 2020.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 632p.

FOELKEL, C.E.B. **Eucalyptus online book & newsletter**. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2009. 97p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Yearbook of Forest Products 2010-2014. 2016**. Available at: <<http://www.fao.org/3/a-i5542m.pdf>>. Accessed in: May 13th 2020.

GURGEL-GARRIDO, L.M.A. et al. Programa de melhoramento genético florestal do Instituto Florestal. **IF Série Registros**, v. 18, p. 1-53, 1997.

HOADLEY, B. **Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology**. Taunton Press Inc; 2nd Revised Edition, 2000. 288p.

HORA, A.B. Panoramas setoriais 2030: papel e celulose. In: **Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017. 79-91p.

HORN, R. **Morphology of Pulp Fiber from Hardwoods and Influence on Paper Strength**. USDA Forest Service. Research Paper FPL 312, For. Prod. Lab., Madison, WI, USA. 1978. 11p.

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

JOHANSEN, D. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Company Inc., 1940. 523 p.

KIAEI, M.; TAJIK, M.; VAYSI, R. 2014. Chemical and biometrical properties of plum wood and its application in pulp and paper production. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 16, n. 3, p. 313-322, 2014.

- 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. (Eds.) **Size-and age-related changes in tree structure and function**. New York: Springer, 2011, p. 121-164.
- MOKFIENSKI, A. et al. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 401-413, 2008.
- OGUNJOBI, K.M.; ADETOGUN, A.C.; SHOFIDIYA, S.A. Investigation of pulping potentials of waste from conversion of *Anogeissus leiocarpus*. **Journal of Polymer and Textile Engineering**, v. 1, n. 2, p. 26-30, 2014.
- OHSHIMA, J. et al. Representative heights for assessing whole-tree values and the within-tree variations of derived wood properties in *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus*. **Wood Fibre Science**, v. 37, n. 1, p. 51-65, 2005.
- PIRRALHO, M. et al. Evaluation on paper making potential of nine *Eucalyptus* species based on wood anatomical features. **Industrial Crops and Products**, v. 54, p. 327-334, 2014.
- RAIJ, B. VAN. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATOS, J.L.M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.
- ROSSI, M. et al. Caracterização do Meio Físico da Estação Experimental de Luiz Antônio: Ênfase em Solos. **Relatório Interno do Instituto Florestal**, 2016. 38p.
- SAIKIA, S.N.; GOSWAMI, T.; ALI, F. Evaluation of pulp and paper making characteristics of certain fast growing plants. **Wood Science and Technology**, v. 31, p. 467-475, 1997.
- SANSÍGOLO, C.A.; RAMOS, E.S. Quality of wood and pulp from a clone of *Eucalyptus grandis* planted at three locations. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 47-60, 2011.
- SANTOS, S.D.; SANSÍGOLO, C.A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 1, p. 53-63, 2007.
- TAPPI. Preparation of mechanical pulps for testing (Revision of T 262 sp-02), 2006. 10p. Available at: <<https://www.tappi.org/content/sarg/t262.pdf>>. Accessed in: October 18th 2019.

ESTRUTURA DE CLAREIRAS DE ORIGEM ANTRÓPICA NA SERRA DA CANTAREIRA, SP, BRASIL¹

STRUCTURE OF MAN-MADE CLEARINGS IN THE SERRA DA CANTAREIRA, SP, BRAZIL

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo ARZOLLA^{1,4}; Francisco Eduardo Silva Pinto VILELA²;
Gláucia Cortez Ramos de PAULA²; George John SHEPHERD³

RESUMO - Na Serra da Cantareira, houve o corte da floresta para a instalação de torres de transmissão de energia elétrica, formando clareiras que variaram de 120 m² a 286 m², totalizando 0,2 ha. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a estrutura do componente arbustivo-arbóreo nestas clareiras, analisando os componentes dos indivíduos originados por sementes e por brotação. Foram amostrados 1.732 indivíduos com altura superior a 1,30 m, pertencentes a 140 espécies e 44 famílias. Destes, 1.336 indivíduos (77,2%) e 83 espécies originaram-se por sementes, com Densidade de 6.680 ind./ha e Dominância de 6 m²/ha; e 396 indivíduos (22,8%) e 78 espécies por brotação, com Densidade de 1.980 ind./ha e Dominância de 1,2 m²/ha. Para os indivíduos originados por sementes, *Croton macrobothrys*, *Piptocarpha macropoda*, *Trema micrantha*, *Solanum mauritianum* e *Sessea brasiliensis* apresentaram os maiores Valores de Importância, e para aqueles originados por brotação, *Cupania oblongifolia*, *Coffea arabica*, *Sessea brasiliensis*, *Croton floribundus* e *Guarea macrophylla*. A similaridade florística entre os dois componentes foi baixa (15%), evidenciando a existência de dois conjuntos florísticos diferentes. Para os indivíduos que se estabeleceram por sementes predominaram espécies Pioneiras (72,6% das espécies, 77,7% dos indivíduos), diferindo dos indivíduos que se mantiveram por brotação, em que predominaram Secundárias iniciais e Umbrófilas com 55,1% e 28,5% dos indivíduos e 49,4% e 22,1% das espécies, respectivamente, mostrando a substituição de espécies, famílias e grupos sucessionais predominantes em comparação com a floresta original.

Palavras-chave: Regeneração natural; Sucessão secundária inicial; Componente arbustivo-arbóreo; Distúrbio; Floresta Ombrófila Densa Montana.

ABSTRACT - To allow the installation of electrical transmission-line towers, a series of man-made clearings was made in the forest covering part of the Serra da Cantareira. The size of the clearings varied from 120 m² to 286 m², totalizing 0.2 ha. The objective of the present study was to describe the structure of the shrubby-tree component of these man-made clearings and to analyse the contribution made by individuals arising from seeds and vegetative regrowth. A total of 1732 individuals with the height > 1.3m, belonging to 140 species and 44 families. Of the total individuals, 1336 (77.2%) and 83 species originated from seeds, giving a total Density of 6680 indivs/ha and absolute Dominance of 6 m²/ha; and 396 individuals (22.8%) and 78 species from vegetative regrowth, with total Density of 1980 indivs/ha and absolute Dominance of 1.2 m²/ha. The component arising from seed, had *Croton macrobothrys*, *Piptocarpha macropoda*, *Trema micrantha*, *Solanum mauritianum* and *Sessea brasiliensis* with the highest Importance Index Values while the resprouting component had *Cupania oblongifolia*, *Coffea arabica*, *Sessea brasiliensis*, *Croton floribundus* e *Guarea macrophylla*. The similarity value between the two components was low (15%), that indicate the presence of two different floristic groups. The man-made clearings showed some differences from natural clearings, with a predominance of Pioneer species for individuals established by seeds (72.6% of species, 77.7% of individuals), instead individual maintained by resprouting, in which initial Secondary and Umbrophilous species predominated (49.4% and 22.1% of species, 55.1% and 28.5% of individuals, respectively). In comparison with the original forest, there were considerable differences with substitution of species, families and sucessional groups.

Keywords: Natural regeneration; Initial secondary succession; Shrubby-arboreal component; Disturbance; Montane Dense Umbrophilous Forest.

¹ Recebido para análise em 21.06.2020. Aceito para publicação em 21.10.2020.

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

³ Professor aposentado do Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UNICAMP, Caixa Postal 6109, 13083-970, Campinas, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla - fredericoarzolla@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais sofrem distúrbios naturais ou antrópicos em diferentes escalas espaciais e temporais. Esses distúrbios levam a alterações na composição e estrutura das comunidades florestais que se reestabelecem mediante o processo sucessional. A sucessão secundária é um processo complexo e dinâmico. Varia amplamente, podendo haver múltiplas trajetórias, conforme o tipo e a intensidade da perturbação, fatores abióticos e bióticos e a resiliência dos ecossistemas, que influenciam a regeneração florestal após o distúrbio (Chazdon, 2003; Chazdon et al., 2007; Choi, 2004; Finegan e Delgado, 2000; Miranda Neto et al., 2012; Arroyo-Rodríguez et al., 2015; Norden et al., 2015; Crouzeilles et al., 2017).

O processo sucessional é caracterizado por substituições florísticas e alterações na riqueza e abundância relativa das famílias e espécies ao longo do tempo caracterizando fases ou estágios com progressivo aumento da complexidade estrutural e funcional da floresta (Brown e Lugo, 1990; Tabarelli e Mantovani, 1999; Guariguata e Ostertag, 2001; Chazdon, 2012; Chazdon e Guariguata, 2016).

Clareiras podem ter origem natural ou antrópica. Ao serem formadas possibilitam uma mudança nas condições de luminosidade da floresta permitindo o desenvolvimento de plantas heliófilas (Denslow, 1980; Brokaw, 1985; Whitmore, 1989; Gandolfi, 2000). Muitas dessas espécies são restritas a ambientes naturais de maior luminosidade, como as próprias clareiras e as áreas ripárias, ou antrópicos, como as bordas de mata, trilhas e áreas de uso antrópico abandonadas.

As espécies heliófilas podem ser de ciclo curto a longo e ocupar desde o sub-bosque até o dossel. No decorrer do processo de sucessão secundária, essas espécies tendem a ser substituídas por outras mais tolerantes ao sombreamento, ao não encontrarem mais condições adequadas de luz para a germinação de suas sementes (Gandolfi, 2000). As heliófitas de ciclo longo podem permanecer por muitas décadas compondo a estrutura das florestas secundárias (Finegan, 1996).

Os mecanismos de estabelecimento dos indivíduos podem ser a propagação por sementes ou pela brotação de caules e raízes remanescentes. O tipo e a intensidade da perturbação podem favorecer, retardar ou inviabilizar esses processos (Gomez-Pompa, 1971; Whitmore, 1983; Finegan, 1996; Guariguata e Ostertag, 2001; Chazdon, 2003; Chazdon et al., 2007).

Florestas secundárias são formadas pela regeneração natural após o abandono de antigas áreas de uso (Brown e Lugo, 1990). Muitas dessas áreas foram abandonadas, após sua destinação para a conservação, e hoje se localizam em unidades de conservação de proteção integral, tais como parques e estações ecológicas estaduais.

O Parque Estadual da Cantareira apresenta uma grande extensão de florestas secundárias, centenárias, originadas pela regeneração de áreas de antigas fazendas de café, desapropriadas a partir do final do século XIX para a proteção de mananciais de abastecimento da cidade de São Paulo (São Paulo, 2000). Apresenta também remanescentes de floresta madura, que são testemunhos mais próximos da floresta original da região (Baitello et al, 1992, 1993; Arzolla, 2002; São Paulo, 2010).

Pelo seu histórico o Parque é um excelente laboratório vivo para o estudo do processo sucessional, contribuindo para o entendimento das fases e mecanismos que ocorrem desde a regeneração inicial até a maturidade das florestas, podendo contribuir para o melhor conhecimento deste processo na Floresta Ombrófila Densa Montana.

Em 2006 houve o corte raso da floresta para a instalação de torres do novo traçado da Linha de Transmissão Guarulhos–Anhanguera no interior do Parque Estadual da Cantareira, resultando na formação de clareiras (Arzolla et al., 2010). O objetivo deste estudo foi caracterizar a regeneração florestal nessas clareiras de origem antrópica amostrando os indivíduos arbóreo-arbustivos, verificando: 1 – Há diferenças florísticas e estruturais entre os indivíduos que se estabeleceram por sementes e aqueles que se mantiveram por brotação, remanescentes da floresta original? 2 – Quais são os grupos sucessionais predominantes entre os indivíduos estabelecidos por sementes ou por brotação? 3 – Qual foi a forma de estabelecimento que apresentou maior sucesso na regeneração natural?

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Parque Estadual da Cantareira – PEC possui 7.916,52 ha, está situado nos municípios de Caieiras, Guarulhos, Mairiporã e São Paulo. Localiza-se no Planalto Atlântico, ocupando parte da Serra da Cantareira e da Serra de Pirucaia (São Paulo, 2000).

De acordo com a classificação de Koppen, o clima é classificado como clima úmido temperado sem estação seca – Cfb (São Paulo, 2010). Tarifa e Armani (2001) classificam o clima da região como Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira-Jaraguá, com base em dados climatológicos de 1961 a 1990 da Estação Meteorológica do Mirante de Santana, São Paulo (lat. 23°30'S, long. 46°37' W, alt. 792 m). Nesse tipo climático a temperatura média está entre 17,7 e 19,3°C, a máxima entre 23,3 e 24,9°C e a mínima entre 13,9 e 15,5°C. A pluviosidade é de 1.400 mm a 1.590 mm.

Segundo a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1992), a vegetação da Serra da Cantareira é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana. Essa classificação foi confirmada por Oliveira (2006), utilizando análises multivariadas, em estudo comparativo de 59 levantamentos florístico-fitosociológicos realizados em áreas de floresta no Estado de São Paulo.

O presente estudo foi realizado no PEC, em 11 locais, onde houve o corte raso da floresta, em julho de 2006, para instalação de torres da Linha de Transmissão Guarulhos–Anhanguera da Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – CTEEP, com base retangular. Com o corte da floresta, formaram-se as clareiras amostradas neste estudo que variam de 106 m² a 286 m², totalizando 2.000 m² (0,2 ha) de área amostral. O tamanho médio das clareiras é de 180 m² e apresentam formato retangular. Essas áreas foram denominadas T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T11, T12, T13 e T14 (Tabela 1, Figura 1).

A área de estudo está inserida na face sul da Serra da Cantareira, no município de São Paulo, entre as estradas da Vista Alegre (“Cuca”) e da Roseira, entre as coordenadas geográficas 23°26'24,2”S/46°37'25,4”O e 23°26'57”S/ 46°39'53,2”O. A distância entre a primeira e a última torre é de 4,3 quilômetros. As altitudes variam de 860 m a 910 m nesse trecho (Figuras 1 e 2).

Tabela 1. Área das torres da Linha de Transmissão Guarulhos-Anhanguera, em m², localizadas no interior do Parque Estadual da Cantareira, São Paulo-SP.

Table 1. Area of the Guarulhos-Anhanguera Transmission Line towers, in m², located inside the Cantareira State Park, São Paulo-SP.

Torre	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T11	T12	T13	T14
Área (m ²)	276	153	259	126	148	122	249	106	286	154	120

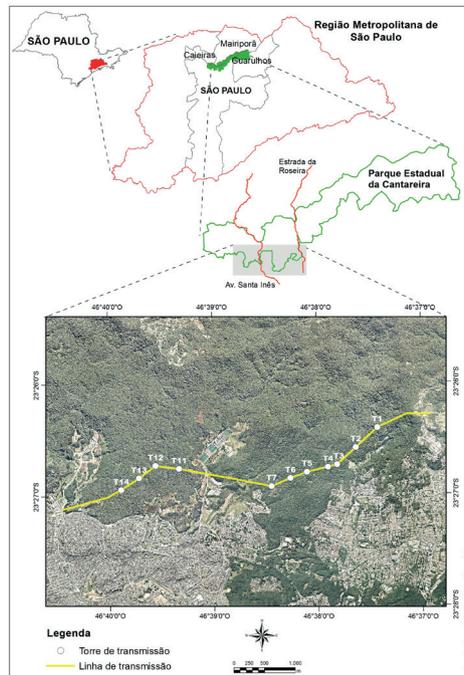


Figura 1. Localização da área de estudo no Parque Estadual da Cantareira e no Estado de São Paulo.

Figure 1. Location of the study area in the Cantareira State Park and in the State of São Paulo.



Figura 2. Aspecto da regeneração florestal na área em estudo no interior do Parque Estadual da Cantareira – SP.

Figure 2. Aspect of forest regeneration in the study area inside the Cantareira State Park – SP.

2.2 Métodos

O levantamento fitossociológico foi realizado entre janeiro e abril de 2010, onde foram amostradas todas as árvores e arbustos com altura maior ou igual a 1,30 m ao nível do solo, seus diâmetros foram medidos utilizando-se um paquímetro digital, devido a maior parte dos diâmetros ser inferior a 15 cm na área de estudo. As alturas dos indivíduos foram estimadas, utilizando-se como referência o cabo da tesoura de poda alta.

Os indivíduos foram diferenciados conforme seu estabelecimento por sementes ou por brotação. O conjunto de indivíduos estabelecidos por sementes foi denominado neste trabalho “componente semente” e aqueles originados por brotação, “componente brotação”. Muitos indivíduos apresentavam remanescentes de caules, com ramificações e vestígios de corte, o que facilitou sua identificação como brotação. Em outras situações, o caule original estava enterrado e para diferenciar a origem dos indivíduos, foi realizada a limpeza e escavação ao seu redor, verificando se havia remanescentes enterrados e brotações a partir de caules e raízes. Em caso de ausência dessas evidências da origem ser por brotação, os indivíduos presentes foram considerados como originados por sementes.

O material botânico foi coletado e herborizado, conforme Custódio Filho e Mantovani (1984), e depositado no Herbário Dom Bento Pickel – SPSF do Instituto Florestal. Foram enviadas

duplicatas ao Herbário UEC da Universidade Estadual de Campinas.

A identificação das espécies foi realizada por meio da comparação em herbários, consulta a especialistas e bibliografia específica. Para a classificação em famílias foi utilizado o *Angiosperm Phylogeny Group – APG IV* (APG IV, 2016). De modo complementar, foi utilizado Souza e Lorenzi (2008) para a consulta de famílias e gêneros. Os nomes científicos foram verificados no site Flora do Brasil 2020 (Flora do Brasil em Construção, 2020) e os descritores das espécies foram citados de acordo com Brummit e Powell (1992).

Para a caracterização da estrutura foram utilizados os seguintes parâmetros fitossociológicos: Número de indivíduos (Ni), Número de amostras (Na), Densidades Absoluta (DeA) e Relativa (DeR), Dominâncias Absoluta (DoA) e Relativa (DoR), Frequências Absoluta (FrA) e Relativa (FrR), Valor de Cobertura (VC) e Valor de Importância (VI), baseados em Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) e calculados pelo aplicativo Fitopac 2.1 (Shepherd, 2010).

As espécies foram classificadas em grupos sucessionais, utilizando-se: Pioneiras (P), Secundárias iniciais (Si), Secundárias tardias (St) e Umbrófilas (Um) (Budowski, 1965; Catharino et al., 2006; Arzolla et al., 2010). A classificação das espécies nesses grupos foi baseada nas observações de campo. Também foram consultados os trabalhos realizados por Gandolfi et al. (1995), Arzolla (2002), Bernacci et al. (2006), Carpanezzi e Carpanezzi (2006), Catharino et al. (2006), Carvalho (2008) e Arzolla et al. (2010) em auxílio à classificação.

As clareiras foram comparadas quanto à composição de espécies (presença/ausência) e a abundância (número) de indivíduos por espécie, utilizando-se métodos de classificação e ordenação, separando-se os indivíduos originados por sementes (S) e por brotação (B) em cada uma das parcelas. Para a comparação da similaridade florística foi utilizada uma matriz de presença e ausência, o método UPGMA – *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* e o coeficiente de Jaccard, e para a comparação de matrizes de número de indivíduos, foram utilizados o método UPGMA e o coeficiente Bray-Curtis (Legendre e Legendre, 1998), realizadas pelo aplicativo Fitopac 2.1 (Shepherd, 2010). Nas análises foi considerada a origem dos indivíduos por semente ou brotação.

Para verificar possível efeito do tamanho das clareiras sobre a regeneração por sementes das espécies arbustivo-arbóreas foram realizadas

análises de regressão pelo aplicativo Fitopac 2.1 (Shepherd, 2010), utilizando-se como variáveis dependentes a riqueza de espécies, a densidade e a dominância absoluta.

3 RESULTADOS

No levantamento total, incluindo os indivíduos estabelecidos por sementes e por brotação, foram amostrados 1.732 indivíduos, pertencentes a 140 espécies de 44 famílias e entre elas três espécies exóticas (*Coffea arabica*, *Persea americana* e *Pittosporum undulatum*) (Apêndices 1 e 2). A área basal amostrada foi 1,4 m². A densidade estimada foi 8.651 indivíduos/ha, ou 0,87 ind./m², e a dominância absoluta estimada, 7,0 m²/ha. O diâmetro máximo encontrado foi 14,5 cm e o médio, 2,5 cm. A altura máxima foi de 18 m e a média, 3,6 m (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros da estrutura da floresta em estágio inicial de sucessão em 11 clareiras de origem antrópica na Serra da Cantareira, SP.

Table 2. Parameters of the forest structure in early stage of succession in 11 clearings of anthropic origin in Serra da Cantareira, SP.

Parâmetros	Geral	Sementes	Brotação
Número de espécies	140	84	77
Número de famílias	44	27	35
Número de indivíduos	1.733	1.337	396
Densidade absoluta estimada (ind./ha)	8.651	6.680	1.980
Área basal total (m ²)	1,4	1,2	0,2
Dominância absoluta estimada (m ² /ha)	7	6	1
Volume total (m ³)	9,8	8,6	1,2
Diâmetro médio (cm)	2,5	2,6	2
Diâmetro máximo (cm)	14,5	14,5	13,9
Diâmetro mínimo (cm)	0,15	0,2	0,15
Diâmetro desvio padrão (cm)	2,1	2,1	1,9
Altura média (m)	3,6	3,8	2,6
Altura máxima (m)	18	18	13
Altura mínima (m)	1,4	1,4	1,5
Altura desvio padrão (m)	2,4	2,5	1,5

Para o componente sementes, ocorreram 1.336 indivíduos e 83 espécies, com densidade de 6.680 ind./ha (0,67 ind./m²), área basal de 1,2 m² e dominância absoluta, 6 m²/ha; e

para o componente brotação, 396 indivíduos e 77 espécies, com densidade de 1.980 ind./ha, área basal de 0,2 m² e dominância de 1,0 m²/ha (Tabela 2).

No componente dos indivíduos estabelecidos por sementes, as espécies pertencem principalmente às famílias Asteraceae, Cannabaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Myrsinaceae, Piperaceae, Solanaceae e Urticaceae. Neste estudo, a família Euphorbiaceae apresentou 413 indivíduos (30,9%), seguida de Asteraceae, 329 (24,6%) e Solanaceae, 236 (17,7%), num total de 978 indivíduos (73,2%) (Apêndice 1).

As espécies *Croton macrobothrys*, *Piptocarpha macropoda*, *Trema micrantha*, *Solanum mauritianum*, *Sessea brasiliensis*, *Alchornea sidifolia*, *Croton floribundus*, *Cupania oblongifolia*, *Vernonia diffusa* e *Alchornea triplinervia* apresentaram os maiores valores de importância. *Croton macrobothrys* e *Piptocarpha macropoda* destacaram-se pela densidade e dominância relativas; *Trema micrantha* e

Solanum mauritianum pela dominância relativa e as demais espécies pela somatória dos valores relativos (Apêndice 2, Figura 3).

Entre os indivíduos estabelecidos por brotação as espécies *Cupania oblongifolia*, *Coffea arabica*, *Sessea brasiliensis*, *Croton floribundus*, *Guarea macrophylla* ssp. *tuberculata*, *Casearia sylvestris*, *Luehea divaricata*, *Heisteria silvianii*, *Croton macrobothrys* e *Cordia sellowiana* apresentaram os maiores valores de importância. *Cupania oblongifolia*, destacou-se pela densidade, dominância e frequência relativas; *Coffea arabica*, *Guarea macrophylla* e *Casearia sylvestris* pela densidade e frequência relativas; *Sessea brasiliensis* e *Croton floribundus* pela dominância relativa e as demais espécies pela somatória dos valores relativos (Apêndice 3, Figura 4).

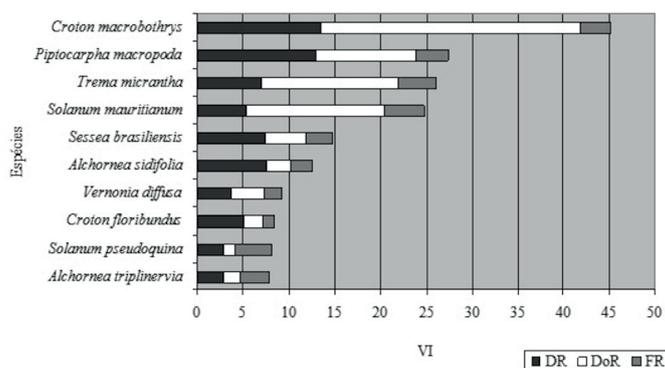


Figura 3. Valores de densidade, dominância e frequência relativas das espécies com os maiores valores de importância no componente dos indivíduos estabelecidos por semente na Serra da Cantareira, SP, Brasil.

Figure 3. Values of relative density, dominance and frequency of the species with the highest values of importance in the component of individuals established by seed in the Serra da Cantareira, SP, Brazil.

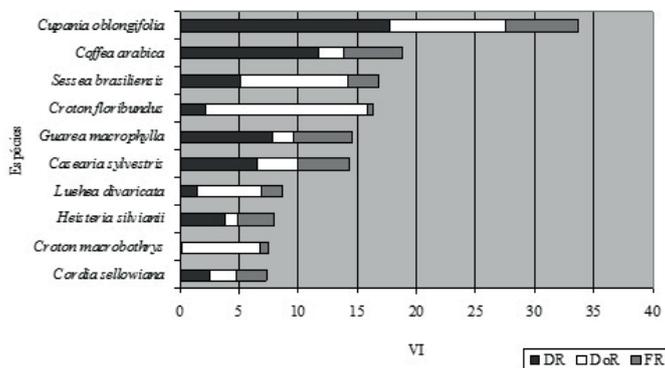


Figura 4. Valores de densidade, dominância e frequência relativas das espécies com os maiores valores de importância no componente dos indivíduos estabelecidos por brotação na Serra da Cantareira, SP, Brasil.

Figure 4. Values of relative density, dominance and frequency of species with the highest values of importance in the component of individuals established by resprouting in the Serra da Cantareira, SP, Brazil.

Na análise sucessional dos indivíduos estabelecidos por sementes, predominaram espécies pioneiras (72,6%) com 77,7% do número de indivíduos e valores de cobertura e importância de 159,30% e

231,89%. Já para os indivíduos que se mantiveram por brotação, 49,4% são espécies secundárias iniciais, com 55,1% dos indivíduos amostrados e valores de cobertura e importância de 116,48% e 168,94% (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos para grupos sucessionais nos componentes dos indivíduos estabelecidos por brotação e por semente na Serra da Cantareira, SP, Brasil.

Table 3. Phytosociological parameters for successional groups in the components of individuals established by resprouting and by seed in the Serra da Cantareira, SP, Brazil. .

Parâmetros/Grupos Sucessionais Componente Sementes	Pioneiras	Secundária inicial	Secundária tardia	Umbrófila	Não classificada
Número de espécies	61	17	1	4	1
Núm. de indivíduos	1039	265	1	8	24
Densidade Relativa (%)	70,19	27,19	0,07	0,59	1,8
Dominância Relativa (%)	89,11	10,69	0,01	0,02	0,16
Frequência Relativa (%)	72,28	24,25	0,4	2,41	0,4
Valor de Cobertura (%)	159,30	37,88	0,08	0,61	1,96
Valor de Importância (%)	231,89	62,18	0,48	3,05	2,36
Parâmetros/Grupos Sucessionais Componente Brotação	Pioneiras	Secundária inicial	Secundária tardia	Umbrófila	Não classificada
Número de espécies	7	38	14	17	1
Núm. de indivíduos	19	218	39	113	6
Densidade Relativa (%)	4,8	55,19	9,86	28,59	1,52
Dominância Relativa (%)	21,44	61,29	7,16	7,92	2,22
Frequência Relativa (%)	5,56	52,46	15,44	24,71	1,85
Valor de Cobertura (%)	25,52	116,48	17,02	36,51	3,74
Valor de Importância (%)	31,81	168,94	32,46	61,2	5,59

Ao analisar o grau de semelhança entre as áreas amostrais (T1 a T14) do levantamento, utilizando uma matriz de presença e ausência de espécies, a principal divisão foi entre parcelas de indivíduos originados por brotação ou por sementes, com valor de similaridade próximo de 5% (Figura 5), que é considerado um valor muito baixo. Assim,

não há similaridade florística entre as espécies originadas por sementes ou por brotação, tratando-se de conjuntos florísticos distintos. Essa divisão se manteve com matrizes de número de indivíduos (Figura 6) em que os indivíduos originados por sementes e aqueles originados por brotação também formaram grupos distintos.

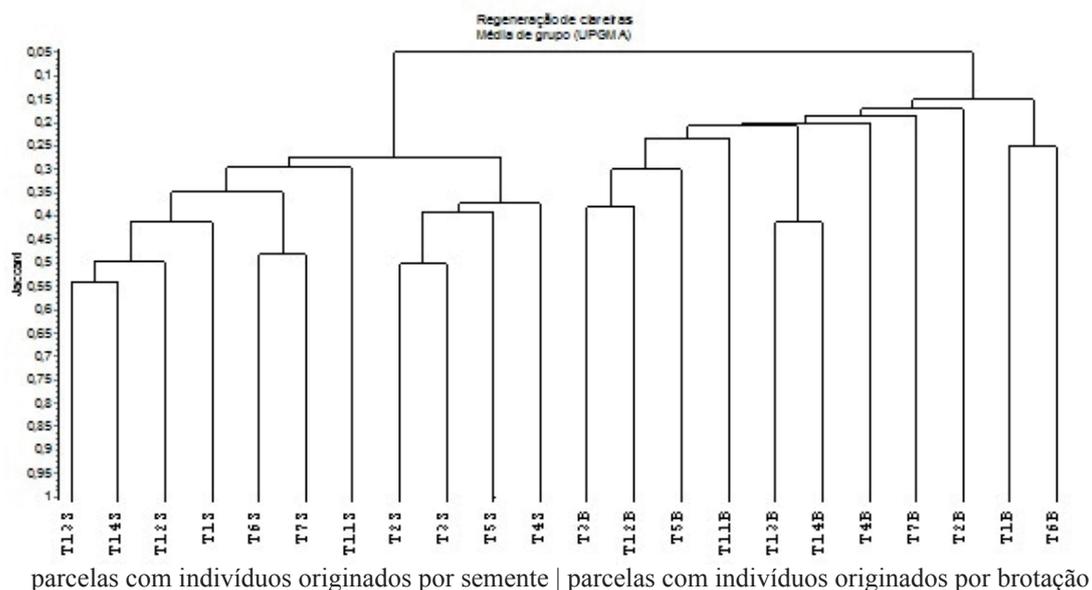


Figura 5. Dendrograma de valores de similaridade utilizando uma matriz de presença e ausência, o coeficiente de Jaccard e o método UPGMA na Serra da Cantareira, SP, Brasil. As 11 áreas estudadas (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T11, T12, T13, T14) foram divididas nos componentes sementes (S) e brotação (B). Coeficiente de correlação cofenética=0,93.

Figure 5. Dendrogram of similarity using a presence and absence matrix, the Jaccard coefficient and the UPGMA method in the Serra da Cantareira, SP, Brazil. The 11 areas studied (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T11, T12, T13, T14) were divided into the seeds (S) and resprouting (B) components. Cofenetic correlation coefficient=0,93.

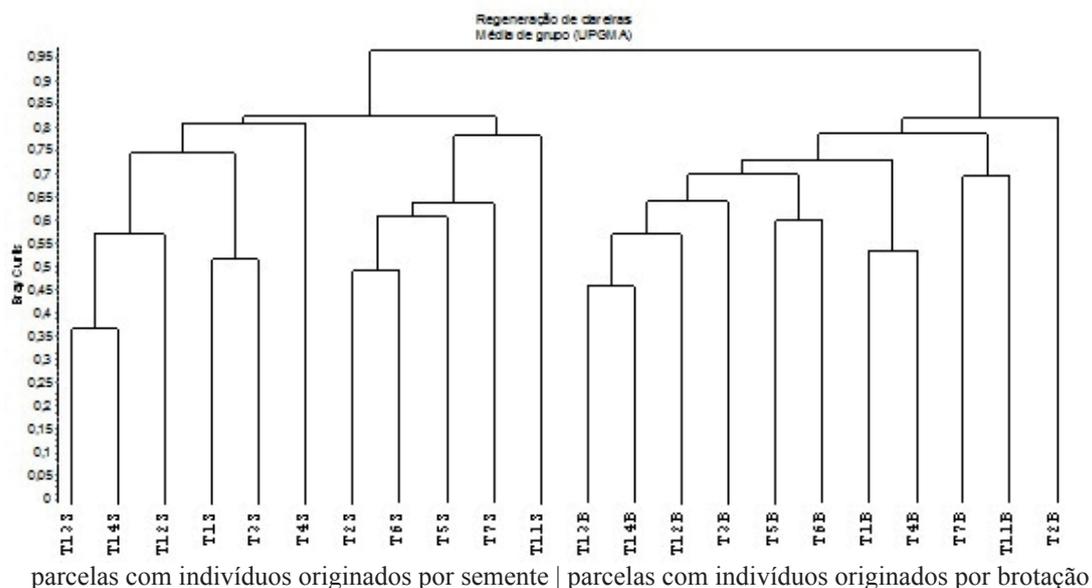


Figura 6. Dendrograma de valores de distância utilizando uma matriz de número de indivíduos, o coeficiente de Bray-Curtis e o método UPGMA na Serra da Cantareira, SP, Brasil. As 11 áreas estudadas (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T11, T12, T13, T14) foram divididas nos componentes sementes (S) e brotação (B). Coeficiente de correlação cofenética=0,91.

Figure 6. Distance dendrogram using a matrix of number of individuals, the Bray-Curtis coefficient and the UPGMA method in the Serra da Cantareira, SP, Brazil. The 11 areas studied (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T11, T12, T13, T14) were divided into the seeds (S) and resprouting (B) components. Cofenetic correlation coefficient=0,91.

Os testes de correlação para verificar possíveis efeitos da área das clareiras sobre os parâmetros densidade absoluta, dominância absoluta

e riqueza de espécies não mostraram nenhuma correlação significativa nos níveis de probabilidade inferiores a 1% (Tabela 4).

Tabela 4. Valores do coeficiente de determinação e probabilidade em testes de regressão múltipla entre a área das amostras e os parâmetros riqueza de espécies, densidade e dominância absolutas na Serra da Cantareira, SP, Brasil.

Table 4. Values of the determination coefficient and probability in multiple regression tests between the sample area and the parameters species richness, density and absolute dominance in the Serra da Cantareira, SP, Brazil.

Efeito	Parâmetro	Coeficiente de determinação ajustado (r^2)	Probabilidade (p)
Área	Riqueza de espécies	0,164	0,2165
	Densidade absoluta	0,020	0,68
	Dominância absoluta	0,0	0,9862

O componente sementes apresentou alturas maiores dos indivíduos que o componente brotação, com

30% dos indivíduos acima de quatro metros em comparação aos 9% dos indivíduos estabelecidos por brotação (Figura 7).

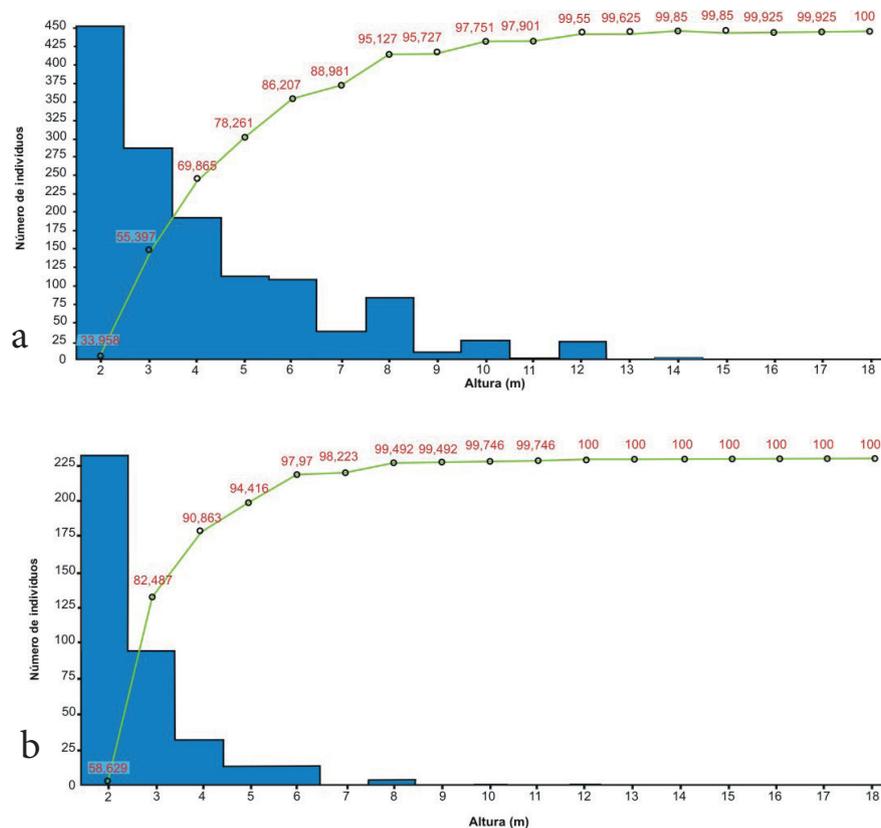


Figura 7. Altura dos indivíduos dos componentes a) sementes e b) brotação distribuídas em classes com valores de porcentagem acumulada na Serra da Cantareira, SP, Brasil.

Figure 7. Height of individuals in components a) seeds and b) resprouting distributed in classes with accumulated percentage values in the Serra da Cantareira, SP, Brazil.

No componente sementes, a maior altura foi alcançada por *Croton floribundus* com 18 m; seguido de *Vernonia phaeoneura*, 16 m; *Solanum mauritianum*, 14 m; *Rauvolfia sellowii*, 13 m; *Croton urucurana*, *Senna multijuga* e *Trema micrantha*, 12 m; *Cecropia glaziovii* e *Sessea brasiliensis*, 10 m. Os maiores valores de altura média foram obtidos por *Cecropia glaziovii*, 8,2 m; *Croton urucurana*, 7,9 m; *Solanum mauritianum*, 6,3 m; *Croton macrobothrys*, 6,2 m e *Trema micrantha*, 5,9 m.

No componente brotação, a maior altura foi alcançada por *Croton macrobothrys* com 12 m, seguido de *Sessea brasiliensis*, 10 m, *Ceiba speciosa* e *Croton floribundus*, 8 m, e *Nectandra barbellata*, 6 m. Os maiores valores de altura média foram obtidos por *Croton floribundus*, 5,4 m, *Annona cacans*, 4,7 m, *Cabralea canjerana*, *Senna multijuga* e *Sessea brasiliensis*, 4,5 m.

4 DISCUSSÃO

A regeneração das florestas pode ser alta, se a fonte de propágulos estiver próxima e se a intensidade do uso antrópico antes do abandono não tiver sido prolongada e impactante (Finegan, 1996; Guariguata e Ostertag, 2001; Chazdon, 2003; Chazdon et al., 2007). As espécies dispersas por sementes apresentaram um maior sucesso no estabelecimento, com valores absolutos de densidade de 6.680 ind./m² e de dominância de 6 m²/ha, contra 1.980 ind./m² e 1 m²/ha das espécies estabelecidas por brotações.

No componente brotação, as famílias que apresentaram maior abundância foram Sapindaceae, Rubiaceae, Meliaceae, Fabaceae, e Salicaceae, com 224 indivíduos (56,6% do total). Essas famílias destacam-se na fase intermediária a avançada de sucessão na Floresta Ombrófila Densa Montana (Tabarelli e Mantovani, 1999) e Floresta Estacional Semidecidual (Silva Jr. et al., 2004). O componente brotação mostra que, na floresta que sofreu corte raso para a instalação das torres, ocorrem espécies diferentes daquelas que se estabeleceram por sementes com a predominância de indivíduos de espécies secundárias iniciais e umbrófilas. Destacam-se *Cupania oblongifolia*,

espécie secundária inicial de dossel, com 70 indivíduos, e *Guarea macrophylla* ssp. *tuberculata*, espécie umbrófila, típica de sub-bosque, com 31, num total de 26% dos indivíduos (Apêndice 2). *Cupania oblongifolia* também foi abundante em trechos de floresta estudados na Serra da Cantareira por Tabarelli (1994) e Fluminhan Filho (2003) alcançando VI de 38% e 43,5%, respectivamente (Apêndice 2).

Na área de estudo não houve o uso de mecanização ou destoca, garantindo a preservação de parte de restos radiculares e caulinares. Tais práticas poderiam danificá-los ou destruí-los comprometendo o mecanismo de rebrota dos indivíduos arbóreo-arbustivos, que representaram 22,8% do total de indivíduos e 55% do total de espécies amostrados, apresentando 40% de espécies exclusivas a esse componente (Tabela 2).

Para Negrelle (1995), rebrotas podem competir com êxito com árvores pioneiras em clareiras formadas pela queda de árvores e até podem crescer mais rápido que as espécies pioneiras originadas por sementes. Em São Francisco do Sul-SC, a autora encontrou 82 árvores caídas (82%) em 60 clareiras de 42 a 214 m², pertencentes a 13 espécies, que apresentaram brotações. Já Castellani e Stubblebine (1993), em uma área em regeneração após a ocorrência de fogo na Reserva de Santa Genebra, em Campinas-SP, encontraram 32 espécies arbóreo-arbustivas (67%) estabelecidas por brotação após dois anos da perturbação. Em comum a este estudo, ocorreram *Alchornea triplinervia*, *Casearia sylvestris*, *Croton floribundus*, *Dalbergia frutescens*, *Machaerium stipitatum*, *Nectandra oppositifolia*, *Sequoiaria langsdorfii* e *Tapirira guianensis*.

Em estudo em uma floresta úmida no Paraguai, Kammesheidt (1998) constatou que em áreas com idade de regeneração de dois a cinco anos, após a prática da agricultura de corte e queima, 59,5% dos caules amostrados originaram-se por brotação (1 cm ≤ DAP < 5 cm), diminuindo para 32,9% em áreas com 10 a 15 anos de idade da regeneração, mostrando que no decorrer do processo sucessional os indivíduos estabelecidos por sementes tendem a ser mais abundantes que aqueles originados por brotação.

No presente estudo, o maior sucesso dos indivíduos originados por sementes, com 77,1%, em comparação a 22,9% por brotação já foi percebido em áreas com quatro anos de regeneração. A rebrota a partir das raízes também é um mecanismo de regeneração, observado por Rodrigues et al. (2004) que encontraram 27 espécies que apresentaram essa característica em remanescente de Floresta Estacional Semidecidual na Fazenda Santa Elisa, Campinas-SP. Na área do presente estudo, a espécie *Sessea brasiliensis* mostrou esse mecanismo (Figura 8).



Figura 8. Brotação a partir de raiz lateral em indivíduo de *Sessea brasiliensis* (a e b) na Serra da Cantareira, SP, Brasil.

Figure 8. Sprouting from the lateral root in an individual of *Sessea brasiliensis* (a and b) in the Serra da Cantareira, SP, Brazil.

No componente sementes, ocorreram principalmente as famílias Euphorbiaceae, Asteraceae e Solanaceae num total de 978 indivíduos (73,2%) e com a predominância de indivíduos de espécies pioneiras. Estas famílias destacam-se no início do processo sucessional sendo também encontradas por Tabarelli e Mantovani (1999) e Moura e Mantovani (2017) (Apêndice 1). Dentre as espécies estabelecidas por sementes, *Croton macrothrys*, *Piptocarpha macropoda*, *Trema micrantha*, *Solanum mauritianum*, *Sessea brasiliensis*, *Alchornea sidifolia*, *Croton floribundus*, *Vernonanthura divaricata* e *Miconia cinnamomifolia* destacaram-se com mais de 50 indivíduos cada, somando 892 indivíduos, ou 68% do total (Apêndice 1). São espécies de ampla distribuição que ocorrem tanto na Floresta Ombrófila Densa quanto na Estacional Semidecidual, exceto *Croton macrothrys*, que apresenta uma distribuição concentrada em áreas de Floresta Ombrófila Densa

(CENTRO DE REFERÊNCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL - CRIA, 2020). Com exceção de *Trema micrantha*, essas espécies também foram amostradas por Souza et al. (2016) em floresta em fase inicial de sucessão no Parque Estadual Alberto Löfgren, em São Paulo, em área próxima à área de estudo. Já *Piptocarpha macropoda* e *Miconia cinnamomifolia* também foram encontradas por Moura e Mantovani (2017) entre as espécies mais abundantes em área em regeneração após oito anos de abandono na Floresta Ombrófila Densa em Miracatu.

O valor de similaridade florística entre os indivíduos que se estabeleceram por sementes e por brotação foi baixo (15%), inferior ao valor de 25%, que é considerado o valor mínimo para ser similar, o que evidencia a existência de dois conjuntos florísticos diferentes. Somente 21 espécies (15%) foram comuns aos dois componentes (Tabela 2, Figuras 5 e 6, Apêndices 1 e 2).

A composição das espécies originadas por sementes mostrou-se diferente da composição de espécies que se mantiveram por brotação, remanescentes da floresta original, em que predominaram espécies secundárias iniciais e umbrófilas (típicas de sub-bosque), com 55,1% e 28,5% dos indivíduos e 49,4% e 22,1% das espécies. O preenchimento das espécies originadas por sementes foi realizado principalmente por espécies pioneiras, com 77,7% do número de indivíduos e 72,6% das espécies, como ocorre em clareiras naturais grandes (Martins e Rodrigues, 2002; Martins et al., 2004.). Tais porcentagens mostram diferenças de predominância de grupos sucessionais indicando estágios sucessionais e comunidades diferentes, como observado por Marques et al. (2014), que se substituem no processo sucessional, conforme Tabarelli e Mantovani (1999); Finegan e Delgado (2000) e Guariguata e Ostertag (2001).

Clareiras antrópicas diferem das clareiras naturais. O corte raso da floresta favorece o estabelecimento de espécies pioneiras ao eliminar os indivíduos pré-existentes, tanto das espécies de sub-bosque quanto de dossel. O aumento da incidência de luz direta sobre o solo estimula a germinação de plantas heliófilas. No decorrer do tempo, as espécies heliófilas de ciclo curto morrem e as de ciclo longo desenvolvem-se e tendem a ficar restritas ao dossel, sombreando e criando condições mais favoráveis ao desenvolvimento de espécies tolerantes à sombra, que posteriormente as substituem (Tabarelli e Mantovani, 1999). Geralmente, pequenas clareiras predominam nas florestas, apresentando áreas menores que 100 m², podendo alcançar até 150 m². A composição dessas pequenas clareiras tende a ser mais semelhante ao sub-bosque da floresta adjacente. Nestas, é favorecido o desenvolvimento de espécies tolerantes a sombra, já estabelecidas, que sobreviveram à queda ou quebra da árvore como mostrado nos estudos realizados por Hartshorn (1980), Orians (1982), Tabarelli e Mantovani (1997), Carvalho et al. (2000), Martins e Rodrigues (2002), Fluminhan Filho (2003) e Martins et al. (2004), em contraposição às clareiras acima desse tamanho, consideradas grandes, em que se destacam as espécies pioneiras (Martins e Rodrigues, 2002), pois o tamanho da clareira influencia o tipo de luz que adentra a clareira e favorece o estabelecimento de espécies desse grupo sucessional.

Na área de estudo, na Serra da Cantareira, com quase quatro anos de abandono, foram encontrados 6.678,3 ind./ha e dominância de 6 m²/ha. Em estudo na Serra do Mar, Tabarelli e Mantovani (1999) encontraram valores de densidade de 1.280 ind./ha

e dominância de 5 m²/ha (com DAP > 3,2 cm) para uma área com 10 anos de regeneração após o abandono de uma pastagem, Moura e Mantovani (2017) encontraram 10.608 ind./ha e dominância de 26,63 m²/ha (com altura ≥ 1 metro) em área com oito anos de regeneração em bananal abandonado na Estação Ecológica Juréia-Itatins. A regeneração natural tem se mostrado uma alternativa para a restauração florestal em ambientes com adequada resiliência apresentando excelentes resultados, como mostrado nestes estudos e nos trabalhos de Chazdon e Guariguata (2016), Crouzeilles et al. (2017) e Trentin et al. (2018).

Das três espécies exóticas encontradas no local estudado, *Coffea arabica* é uma espécie de sub-bosque e destaca-se pela frequência e densidade, ocupando o segundo VI, em comparação à outra espécie de sub-bosque nativa, *Guarea macrophylla* subsp. *tuberculata*, que ocupa a quinta posição e apresenta menor densidade. O cafeeiro está amplamente disseminado no Parque e é comumente encontrado em outros remanescentes florestais (Martins e Rodrigues, 2002; Martins et al., 2004; Silva Junior et al., 2004). Sua presença em abundância está relacionada às fazendas de café que deram origem ao Parque. O abacateiro *Persea americana* é uma espécie de dossel e foram amostrados seis indivíduos. O pau-incenso *Pittosporum undulatum* foi encontrado em uma das áreas amostrais, sendo que esta espécie está sendo dispersada para o Parque a partir das suas bordas (São Paulo, 2010).

Neste estudo foram identificadas 60 espécies pioneiras de rápido crescimento, estabelecidas por sementes, que poderiam ser utilizadas em projetos de manejo experimental de áreas que sofreram perturbação antrópica e necessitam de restauração. Há várias áreas do Parque Estadual da Cantareira em que há baixa resiliência nos processos sucessionais naturais e que, mesmo após décadas, não houve o restabelecimento da floresta. São situações em que ocorreram a dominação por gramíneas invasoras, como o capim gordura *Melinis minutiflora* P.Beauv., Poaceae; por espécies de taquara, Poaceae; sapé *Imperata brasiliensis* Trin., Poaceae; pela invasão por *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon, Dennstaedtiaceae, ou por mantos de lianas de várias espécies e famílias, identificadas em levantamentos realizados para o Plano de Manejo do parque (São Paulo, 2010). Os conhecimentos em sucessão florestal e intervenções experimentais podem ser aplicados a situações como as mencionadas acima de forma a contribuir para o manejo e a restauração florestal em Unidades de Conservação.

5 AGRADECIMENTOS

Ao gestor da época Fernando Descio, aos funcionários Adão Arlindo de Paula (in memoriam) e José Antonio de Oliveira e à equipe do Parque Estadual da Cantareira pelo apoio à execução do trabalho. Aos pesquisadores Cíntia Kameyama (Acanthaceae), Elsie Franklin Guimarães (Piperaceae), Geraldo Antonio Daher Côrrea Franco, Gerleni Lopes Esteves (Malvaceae), João Aurélio Pastore, João Batista Baitello (Lauraceae), João Renato Stehmann (Solanaceae), João Semir (Asteraceae), Lúcia Rossi, Marcelo Monge Egea (Asteraceae), Rosângela Simão Bianchini (*Piptocarpha*), Osny Tadeu Aguiar (Myrtaceae e outras) pelo auxílio na identificação dos materiais botânicos. A Marina Mitsue Kanashiro pela elaboração da figura 1 e a Priscila Weingartner pelo tratamento da figura 7. Ao editor responsável por este trabalho, Claudio de Moura, e aos revisores pelas contribuições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP – APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V. et al. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews**, v. 92, p. 326-340, 2015.
- ARZOLLA, F.A.R.D.P. **Florística e fitossociologia de trecho da Serra da Cantareira, Núcleo Águas Claras, Parque Estadual da Cantareira, Mairiporã – SP**. 2002. 184 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- _____. et al. Regeneração natural em clareiras de origem antrópica na Serra da Cantareira, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 1, p. 155-69, 2010.
- BAITELLO, J.B. et al. Florística e fitossociologia do estrato arbóreo de um trecho da Serra da Cantareira (Núcleo Pinheirinho) – SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 291-297. (**Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. único, pt. 1, Edição especial).
- _____. et al. Estrutura fitossociológica da vegetação arbórea da Serra da Cantareira (SP) – Núcleo Pinheirinho. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 2, p. 133-61, 1993.
- BERNACCI, L.C. et al. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna, SP). **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, n. único, p. 121-166, 2006.
- BROKAW, N.V.L. Gap-phase regeneration in a tropical forest. **Ecology**, v. 66, n. 3, p. 682-687, 1985.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, p. 1-32, 1990.
- BRUMMITT, R.K.; POWELL, C.E. **Authors of plant names**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. 732 p.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40-2, 1965.
- CARPANEZZI, A.A.; CARPANEZZI, O.T. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná em solos não degradados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 57 p.
- CARVALHO, L.M.T. et al. Tree species distribution in canopy gaps and mature forest in na área of cloud forest of the Ibitipoca Range, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 149, p. 9-22, 2000.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 3, 593 p.

CASTELLANI, T.T.; STUBBLEBINE, W.H. Sucessão secundária em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, n. 2, p. 181-203, 1993.

CATHARINO, E.L.M. et al. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2. Disponível em: <<http://biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00306022006>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL - CRIA. Rede *speciesLink*. Disponível em: <<http://www.splink.org.br>>. Acesso em: 03 mai. 2020.

CHAZDON, R.L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, p. 51-41, 2003.

_____. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim Museu Paranaense Emilio Goeldi**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

_____.; GUARIGUATA, M.R. Natural regeneration as a tool for large scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 716-730, 2016.

_____. et al. Rates of change in tree communities of secondary neotropical forest following major disturbance. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, n. 362, p. 273-289, 2007.

CHOI, Y. D. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. **Ecological Research**, v. 19, n. 1, p. 75- 81, 2004.

CROUZEILLES, R. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, n. 11, e1701345, 2017.

CUSTÓDIO FILHO, A.; MANTOVANI, W. Fanerógamas arbóreas. In: FIDALGO, O.; BONONI, V.L. (Coords.). **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo, Instituto de Botânica. 1984. p. 38-46. (Manual, 4).

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

FINEGAN, B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. **Tree**, v. 11, n. 3, p. 119-124, 1996.

_____.; DELGADO, D. Structure and floristical heterogeneity in a 30 years old Costa Rican rain Forest. **Restoration Ecology**, v.8, n. 4, p. 380-393, 2000.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 03 mai. 2020.

FLUMINHAN FILHO, M. **Dinâmica de clareiras e sucessão vegetal em área de floresta do Parque Estadual da Cantareira – SP**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) – Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92 p.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no Município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 753-767, 1995.

_____. **História natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 232 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GOMEZ-POMPA, A. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de flora tropical. **Biotropica**, v. 3, n. 2, p. 125-135, 1971.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185-206, 2001.

HARTSHORN, G.S. Neotropical forest dynamics. **Biotropica**, v. 12, n. 1, p. 23-30, 1980.

KAMMESHEIDT, L. The role of tree sprouts in the restorations of stand structure and species diversity in tropical moist forest after slash-and-burn agriculture in Eastern Paraguay. **Plant Ecology**, n. 139, p. 155–165, 1998.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2nd. English Edition. Developments in Environmental Modelling, v. 20. Amsterdam: Elsevier, 1998. 853 p.

LONGUI, E.L.L. et al. Differences between root and stem wood in seedlings and sprouts of *Seslea brasiliensis* (Solanaceae). **Rodriguésia**, v. 67, n. 3, p. 615-626, 2016.

MARQUES, C.M.M. et al. Forest structure and species composition along a successional gradient of Lowland Atlantic Forest in Southern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 3, p.1-11, 2014.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 163, p. 51-62, 2002.

_____. et al. Colonization of gaps produced by death of bamboo clumps in a semideciduous mesophytic forest in south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 172, p. 121-131, 2004.

MIRANDA NETO, A. et al. Estrato de regeneração natural de uma floresta restaurada com 40 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 409-420, 2012.

MOURA, C.; MANTOVANI, W. Regeneração natural da Floresta Ombrófila Densa após oito anos de abandono de atividades agrícolas em Miracatu, Vale do Ribeira, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 29, n. 1, p. 91-119, 2017.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

NEGRELLE, R.R.B. Sprouting after uprooting of canopy trees in the Atlantic rain forest of Brazil. **Biotropica**, v. 27, n. 4, p. 448-454, 1995.

NORDEN, N. et al. Successional dynamics in Neotropical forests are as uncertain as they are predictable. **PNAS**, v. 112, n. 26, p. 8013-8018, 2015.

OLIVEIRA, R.J. **Variação da composição florística e da diversidade alfa das florestas atlânticas no estado de São Paulo**. 2006. 144 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ORIAN, G.H. The influence of tree-falls in tropical forest in tree species richness. **Tropical Ecology**, v. 23, p. 255-279, 1982.

RODRIGUES, R.R. et al. Tree species sprouting from root buds in a semideciduous forest affected by fires. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 127-133, 2004.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2000. 64 p.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira**. São Paulo: Fundação Florestal, 2010. 586 p.

SHEPHERD, G.J. **Fitopac 2.1. Manual do usuário**. Campinas: UNICAMP, 2010.

SILVA JUNIOR, W.M. et al. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 169-79, 2004.

SOUZA, S.C.P.M. et al. A vegetação secundária em um fragmento florestal urbano: influência de exóticas invasoras na comunidade vegetal. **Revista do Instituto Florestal**, v. 28, n. 1, p. 7-35, 2016.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.

TABARELLI, M. **Clareiras naturais e a dinâmica sucessional de um trecho de floresta na Serra da Cantareira, SP**. 1994. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____; MANTOVANI, W. Ocupação de clareiras naturais na Serra da Cantareira - SP. **Naturalia**, v. 22, p. 89-102, 1997.

_____; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 239-50, 1999.

TARIFA, J.R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.) **Os climas na Cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2001. 199 p. (GEOUSP-Coleção Novos Caminhos, 4).

TRENTIN, B.E. et al. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018.

WHITMORE, T.C. Secondary succession from seed in tropical rain forests. **Forestry Abstracts**, v. 44, n. 12, p. 767-77, 1983.

_____. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, v. 70, n. 3, 536-538, 1989.

APÊNDICE

Apêndice 1. Parâmetros fitossociológicos calculados para as espécies estabelecidas por sementes em clareiras de origem antrópica na Serra da Cantareira, SP. Gs=Grupo sucessional: P=Pioneira, Si=Secundária inicial, St=Secundária tardia, Um=Umbrófila e Nc=Não classificada. Ni=Número de indivíduos, Na=Número de amostras, DeA=Densidade Absoluta, DeR=Densidade Relativa, FrA=Freqüência Absoluta, FrR=Freqüência Relativa, DoA=Dominância Absoluta, DoR=Dominância Relativa, VI=Valor de Importância e VC=Valor de Cobertura. *=Espécie exótica.

Appendix 1. Phytosociological parameters calculated for species established by seeds in clearings of anthropic origin in Serra da Cantareira, SP. Gs=successional Group: P=Pioneer, Si=initial Secondary, St=late Secondary, Um=Umbrophilous and Nc= Not classified. Ni=Number of individuals, Na=Number of samples, DeA=Absolute Density, DeR=Relative Density, FrA=Absolute Frequency, FrR=Relative Frequency, DoA=Absolute Dominance, DoR=Relative Dominance, VI=Importance Value and VC=Coverage Value. *=Exotic species.

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Croton macrobothrys</i> Baill.	Euphorbiaceae	P	180	8	900	13,46	72,73	28,43	1,70	3,24	45,13	41,89
<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	Asteraceae	P	174	9	870	13,01	81,82	10,82	0,65	3,64	27,47	23,83
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	P	93	10	465	6,96	90,91	14,97	0,90	4,05	25,98	21,93
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Solanaceae	P	71	11	355	5,31	100,0	15,09	0,90	4,45	24,86	20,40
<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	P	99	7	495	7,40	63,64	4,48	0,27	2,83	14,72	11,88
<i>Alchornea sidifolia</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Si	102	6	510	7,63	54,55	2,53	0,15	2,43	12,58	10,15
<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	Asteraceae	P	50	5	250	3,74	45,45	3,50	0,21	2,02	9,26	7,24
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	P	68	3	340	5,09	27,27	2,09	0,13	1,21	8,39	7,18
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	Solanaceae	P	38	10	190	2,84	90,91	1,26	0,08	4,05	8,16	4,11
<i>Alchornea triplinervia</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Si	38	8	190	2,84	72,73	1,80	0,11	3,24	7,88	4,64
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	Si	55	8	275	4,11	72,73	0,42	0,02	3,24	7,77	4,53
<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H.Rob.	Asteraceae	P	28	7	140	2,09	63,64	2,74	0,16	2,83	7,67	4,83
<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Vega & Dematteis	Asteraceae	P	11	8	55	0,82	72,73	0,68	0,04	3,24	4,74	1,50

continua
to be continued

continuação - Apêndice 1
 continuation - Appendix 1

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Symphlocarpus compressus</i> (Gardner) B.L. Rob.	Asteraceae	P	17	6	85	1,27	54,55	0,79	0,05	2,43	4,49	2,06
<i>Vernonanthura phaeoneura</i> (Toledo) H. Rob.	Asteraceae	P	12	5	60	0,90	45,45	1,38	0,08	2,02	4,30	2,28
<i>Heterocondylus alatus</i> (Vell.) R. M. King & H. Rob.	Asteraceae	P	24	3	120	1,80	27,27	0,81	0,05	1,21	3,82	2,61
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Euphorbiaceae	Si	12	6	60	0,90	54,55	0,49	0,03	2,43	3,81	1,38
<i>Tetrorchidium rubriventum</i> Poepp.	Euphorbiaceae	Si	10	7	50	0,75	63,64	0,15	0,01	2,83	3,74	0,90
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticaceae	P	13	4	65	0,97	36,36	0,71	0,04	1,62	3,30	1,68
<i>Leandra variabilis</i> Raddi	Melastomataceae	P	13	5	65	0,97	45,45	0,06	0,00	2,02	3,05	1,03
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	P	11	5	55	0,82	45,45	0,19	0,01	2,02	3,04	1,02
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneath.	Urticaceae	P	5	3	25	0,37	27,27	1,33	0,08	1,21	2,91	1,70
<i>Ureca nitida</i> (Vell.) P. Brack	Urticaceae	P	8	5	40	0,60	45,45	0,16	0,01	2,02	2,78	0,76
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin & Barneby	Fabaceae	P	7	4	35	0,52	36,36	0,62	0,04	1,62	2,76	1,14
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urticaceae	P	14	3	70	1,05	27,27	0,40	0,02	1,21	2,66	1,44
<i>Rauvolfia sellowii</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	Si	21	1	105	1,57	9,09	0,59	0,04	0,40	2,56	2,16
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Bignoniaceae	Si	10	4	50	0,75	36,36	0,08	0,00	1,62	2,45	0,83
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Lamiaceae	P	5	4	25	0,37	36,36	0,39	0,02	1,62	2,38	0,76
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.*	Pittosporaceae	Nc	24	1	120	1,80	9,09	0,16	0,01	0,40	2,36	1,95
<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.	Solanaceae	P	5	4	25	0,37	36,36	0,22	0,01	1,62	2,21	0,59
<i>Sida aff. rhombifolia</i> L.	Malvaceae	P	10	3	50	0,75	27,27	0,15	0,01	1,21	2,11	0,90
<i>Solanum sanctaeatharinae</i> Dunal	Solanaceae	P	3	3	15	0,22	27,27	0,21	0,01	1,21	1,65	0,44
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	P	3	1	15	0,22	9,09	0,97	0,06	0,40	1,60	1,19
<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae	P	3	3	15	0,22	27,27	0,11	0,01	1,21	1,55	0,33
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Primulaceae	P	4	3	20	0,30	27,27	0,01	0,00	1,21	1,53	0,31
<i>Coffea arabica</i> L.*	Rubiaceae	Um	4	3	20	0,30	27,27	0,01	0,00	1,21	1,52	0,31
<i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs	Solanaceae	P	3	3	15	0,22	27,27	0,04	0,00	1,21	1,48	0,27
<i>Solanum bullatum</i> Vell.	Solanaceae	P	5	2	25	0,37	18,18	0,22	0,01	0,81	1,41	0,60
<i>Solanum concinnum</i> Schott	Solanaceae	P	5	2	25	0,37	18,18	0,14	0,01	0,81	1,32	0,51
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Lauraceae	Si	5	2	25	0,37	18,18	0,03	0,00	0,81	1,21	0,40

continua
 to be continued

continuação - Apêndice 1
 continuation - Appendix 1

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Fabaceae	P	4	2	20	0,30	18,18	0,02	0,00	0,81	1,13	0,32
<i>Piptocarpha sellowii</i> (Sch.Bip.) Baker	Asteraceae	P	4	2	20	0,30	18,18	0,02	0,00	0,81	1,13	0,32
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Benth.	Fabaceae	P	3	2	15	0,22	18,18	0,01	0,00	0,81	1,05	0,24
<i>Vismia micrantha</i> Mart.	Clusiaceae	Si	2	2	10	0,15	18,18	0,05	0,00	0,81	1,01	0,20
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth	Piperaceae	P	2	2	10	0,15	18,18	0,02	0,00	0,81	0,98	0,17
<i>Cestrum schlechtendalii</i> G.Don	Solanaceae	P	2	2	10	0,15	18,18	0,01	0,00	0,81	0,97	0,16
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	Si	2	2	10	0,15	18,18	0,01	0,00	0,81	0,97	0,16
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	P	2	2	10	0,15	18,18	0,00	0,00	0,81	0,96	0,15
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Lamiaceae	P	5	1	25	0,37	9,09	0,04	0,00	0,40	0,82	0,41
<i>Piptocarpha quadrangularis</i> (Vell.) Baker	Asteraceae	P	4	1	20	0,30	9,09	0,01	0,00	0,40	0,72	0,31
<i>Solanum wacketii</i> Witasek	Solanaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,13	0,01	0,40	0,69	0,28
<i>Piper hennendorffii</i> C.DC.	Piperaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,08	0,00	0,40	0,64	0,23
<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.M.Barroso	Asteraceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,11	0,01	0,40	0,59	0,18
<i>Piper cernuum</i> Vell.	Piperaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,02	0,00	0,40	0,58	0,17
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,02	0,00	0,40	0,57	0,17
<i>Justicia carnea</i> Lindl.	Acanthaceae	Um	2	1	10	0,15	9,09	0,01	0,00	0,40	0,57	0,16
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	Sapindaceae	Si	2	1	10	0,15	9,09	0,01	0,00	0,40	0,57	0,16
<i>Piper malacophyllum</i> C.DC.	Piperaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,01	0,00	0,40	0,56	0,16
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Cannabaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,01	0,00	0,40	0,56	0,16
<i>Piptocarpha pyrifolia</i> (DC.) Baker	Asteraceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,01	0,00	0,40	0,56	0,16
<i>Piper mollicomum</i> Kunth	Piperaceae	P	2	1	10	0,15	9,09	0,00	0,00	0,40	0,56	0,15
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schldl.	Scrophulariaceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,05	0,00	0,40	0,53	0,13
<i>Austroevaporium inulaefolium</i> (H.B.K.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,02	0,00	0,40	0,50	0,10
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	Si	1	1	5	0,07	9,09	0,02	0,00	0,40	0,50	0,09
<i>Solanum variabile</i> Mart.	Solanaceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,02	0,00	0,40	0,50	0,09
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	Fabaceae	Si	1	1	5	0,07	9,09	0,01	0,00	0,40	0,49	0,08

continua
 to be continued

continuação - Apêndice 1
continuation - Appendix 1

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Ficus insipida</i> Miq.	Moraceae	Si	1	1	5	0,07	9,09	0,01	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	Fabaceae	Si	1	1	5	0,07	9,09	0,01	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Solanum sellowii</i> Dunal	Solanaceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,01	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Miconia sellowiana</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	Olaceae	St	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Miconia buddlejoides</i> Triana	Melastomataceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Baccharis semiserrata</i> DC.	Asteraceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Ficus luschnatiana</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	Si	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Solanum didymum</i> Dunal	Solanaceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	Lauraceae	Um	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	Um	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	Si	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Ossaea retropila</i> Cogn.	Melastomataceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Leandra bergiana</i> Cogn.	Melastomataceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08
<i>Miconia latecrenata</i> Naudin	Melastomataceae	P	1	1	5	0,07	9,09	0,00	0,00	0,40	0,48	0,08

Apêndice 2. Parâmetros fitossociológicos calculados para as espécies estabelecidas por brotações em clareiras de origem antrópica na Serra da Cantareira, SP. Gs=Grupo sucessional: P=Pioneira, Si=Secundária inicial, St=Secundária tardia, Um=Umbrófila e Nc=Não classificada. Ni=Número de indivíduos, Na=Número de amostras, DeA=Densidade Absoluta, DeR=Densidade Relativa, FrA=Freqüência Absoluta, FrR=Freqüência Relativa, DoA=Dominância Absoluta, DoR=Dominância Relativa, VI=Valor de Importância e VC=Valor de Cobertura. *=Espécie exótica.

Appendix 2. Phytosociological parameters calculated for species established by resprouting in clearings of anthropic origin in Serra da Cantareira, SP. Phytosociological parameters calculated for species established by seeds in clearings of anthropic origin in Serra da Cantareira, SP. Gs=successional Group: P=Pioneer, Si=initial Secondary, St=late Secondary, Um= Umbrophilous and Nc= Not classified. Ni=Number of individuals, Na=Number of samples, DeA=Absolute Density, DeR=Relative Density, FrA=Absolute Frequency, FrR=Relative Frequency, DoA=Absolute Dominance, DoR=Relative Dominance, VI=Importance Value and VC=Coverage Value. *=Exotic species.

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Cupania oblongifolia</i> Radlk.	Sapindaceae	Si	70	10	350	17,72	90,91	6,17	0,11	9,81	33,70	27,53
<i>Coffea arabica</i> L. *	Rubiaceae	Um	46	8	230	11,65	72,73	4,94	0,03	2,21	18,79	13,85
<i>Sesaea brasiliensis</i> Toledo	Solanaceae	Si	20	4	100	5,06	36,36	2,47	0,11	9,24	16,77	14,30
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	P	9	1	45	2,28	9,09	0,62	0,16	13,52	16,42	15,80
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl ssp. <i>tuberculata</i> (Vell.) Penn.	Meliaceae	Um	31	8	155	7,85	72,73	4,94	0,02	1,76	14,55	9,61
<i>Casearia syhvestris</i> Sw.	Salicaceae	Si	26	7	130	6,58	63,64	4,32	0,04	3,46	14,36	10,04
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Malvaceae	Si	6	3	30	1,52	27,27	1,85	0,06	5,37	8,74	6,89
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	Olaceae	St	15	5	75	3,80	45,45	3,09	0,01	1,10	7,98	4,89
<i>Croton macrothryus</i> Baill.	Euphorbiaceae	P	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,08	6,54	7,41	6,80
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Boraginaceae	Si	10	4	50	2,53	36,36	2,47	0,03	2,31	7,31	4,84
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) Bürger, Lanj. & de Boer	Moraceae	Um	11	5	55	2,78	45,45	3,09	0,01	0,83	6,70	3,61
<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae	Si	3	2	15	0,76	18,18	1,23	0,05	4,38	6,38	5,14
<i>Alchornea triplinervia</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Si	5	4	25	1,27	36,36	2,47	0,03	2,46	6,20	3,73
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,06	4,85	5,72	5,10
<i>Persea americana</i> Mill. *	Lauraceae	Nc	6	3	30	1,52	27,27	1,85	0,03	2,22	5,59	3,74
<i>Seguieria langsdorffii</i> Moq.	Phytolaccaceae	Si	11	3	55	2,78	27,27	1,85	0,01	0,86	5,50	3,64
<i>Alchornea sidifolia</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Si	4	2	25	1,27	36,36	2,47	0,01	2,75	5,00	2,53
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae	Si	5	4	20	1,01	18,18	1,23	0,03	1,26	5,00	3,76
<i>Cabrakia canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	Si	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,04	3,80	4,92	4,30
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	Fabaceae	Si	8	3	40	2,03	27,27	1,85	0,01	0,83	4,71	2,86
<i>Platymiscium floribundum</i> Vogel	Fabaceae	Si	4	4	20	1,01	36,36	2,47	0,01	0,98	4,46	1,99

continua
to be continued

continuação - Apêndice 2
 continuation - Appendix 2

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Tomomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	Clusiaceae	Um	4	2	20	1,01	18,18	1,23	0,02	1,74	3,98	2,75
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	St	4	4	20	1,01	36,36	2,47	0,00	0,29	3,77	1,31
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	Si	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,02	1,72	3,46	2,23
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	Fabaceae	Si	3	2	15	0,76	18,18	1,23	0,01	1,28	3,27	2,04
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	Salicaceae	Si	4	2	20	1,01	18,18	1,23	0,01	0,75	3,00	1,76
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	Lauraceae	Um	4	3	20	1,01	27,27	1,85	0,00	0,12	2,98	1,13
<i>Nectandra barbellata</i> Coe-Teixeira	Lauraceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,02	1,80	2,67	2,05
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin & Barneby	Fabaceae	P	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,01	0,82	2,57	1,33
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Fabaceae	P	4	2	20	1,01	18,18	1,23	0,00	0,31	2,55	1,32
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	Myrtaceae	St	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,01	0,79	2,53	1,30
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	Annonaceae	Si	3	2	15	0,76	18,18	1,23	0,00	0,37	2,37	1,13
<i>Myrcia tijuensis</i> Kiaersk.	Myrtaceae	St	4	2	20	1,01	18,18	1,23	0,00	0,04	2,29	1,06
<i>Cinnamomum hir-sutum</i> (Lorea-Hern.) van der Werff	Lauraceae	St	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,01	0,52	2,26	1,02
<i>Abarema langsdorfii</i> (Benth.) Barneby & Benth.	Fabaceae	Si	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,01	1,01	2,13	1,51
<i>Gonatogyne brasiliensis</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae	Um	3	1	15	0,76	9,09	0,62	0,01	0,73	2,10	1,49
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	Sapotaceae	St	3	2	15	0,76	18,18	1,23	0,00	0,08	2,07	0,84
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	Si	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,00	0,33	2,07	0,83
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	Si	3	2	15	0,76	18,18	1,23	0,00	0,06	2,05	0,82
<i>Schefflera</i> sp.	Araliaceae	Si	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,00	0,27	2,01	0,78
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	Nyctaginaceae	Si	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,00	0,20	1,94	0,71
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Bignoniaceae	Si	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,00	0,09	1,83	0,60
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	Monimiaceae	Um	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,00	0,03	1,77	0,54
<i>Aspidosperma olivaceum</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,01	0,89	1,76	1,15
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Rubiaceae	Um	2	2	10	0,51	18,18	1,23	0,00	0,02	1,76	0,52
<i>Leucochlorum incuriale</i> (Vell.) Barneby & Grimes	Fabaceae	Si	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,01	0,57	1,70	1,08
<i>Virola biculhyba</i> (Schott ex A.DC.) Warb.	Myristicaceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,01	0,70	1,57	0,95
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Bignoniaceae	Si	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,00	0,41	1,53	0,92
<i>Aiouea acarodomatifera</i> Kosterm.	Lauraceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,01	0,45	1,32	0,70

continua
 to be continued

continuação - Apêndice 2
 continuation - Appendix 2

Espécies	Família	Gs	Ni	Na	DeA	DeR	FrA	FrR	DoA	DoR	VI	VC
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,01	0,44	1,31	0,70
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	Sapindaceae	Si	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,00	0,19	1,31	0,69
<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. ex DC.	Chrysobalanaceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,40	1,27	0,65
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	Peraceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,37	1,24	0,62
<i>Nectandra leucantha</i> Nees	Lauraceae	St	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,00	0,06	1,19	0,57
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Fabaceae	Si	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,00	0,05	1,17	0,55
<i>Eumachia cephalanta</i> (Müll. Arg.) Delprete & J.H.Kirkbr.	Rubiaceae	Um	2	1	10	0,51	9,09	0,62	0,00	0,02	1,14	0,53
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	Solanaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,26	1,13	0,52
<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil	Lauraceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,21	1,08	0,46
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	Lauraceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,20	1,07	0,45
<i>Jacaratia pentaphylla</i> (Vell.) A.DC.	Caricaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,13	1,01	0,39
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Benth.	Fabaceae	P	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,13	1,00	0,39
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Mart.	Rutaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,12	0,99	0,37
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	P	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,11	0,98	0,36
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	Fabaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,10	0,97	0,35
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	Fabaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,08	0,95	0,33
<i>Trichilia silvatica</i> C.DC.	Meliaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,05	0,92	0,31
<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	Myrtaceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,03	0,90	0,29
<i>Vitex polygama</i> Cham.	Lamiaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,03	0,90	0,29
<i>Amatoua intermedia</i> Mart.	Rubiaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,03	0,90	0,28
<i>Vismia micrantha</i> Mart.	Clusiaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,02	0,89	0,27
<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,27
<i>Strychnos acuta</i> Progel	Loganiaceae	Si	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,27
<i>Isora heterodoxa</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,26
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Rosaceae	P	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,26
<i>Myrciaria floribunda</i> (West. ex Willd.) O.Berg	Myrtaceae	St	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,26
<i>Myrcogenia campestris</i> (DC.) D.Legrand & Kausel	Myrtaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,26
<i>Faramea multiflora</i> A.Rich. ex DC.	Rubiaceae	Um	1	1	5	0,25	9,09	0,62	0,00	0,01	0,88	0,26

**REGISTROS DE IRARA *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) COM COLORAÇÃO ANÔMALA EM
REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL
(NOTA CIENTÍFICA)¹**

**RECORDS OF TAYRA *Eira barbara* (Linnaeus, 1758) WITH ANOMALOUS COLORING IN REMNANT
OF SEMIDECIDUOS SEASONAL FOREST IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL
(SCIENTIFIC NOTE)**

Walter Daniel GREGHI^{2,4}; Marina CARBONI²; Frederico Fregolente Faracco MAZZIERO²;
Fabio MAFFEI³

RESUMO - Mamíferos de coloração anômala ocorrem por distúrbios genéticos, sendo um evento não habitual na natureza, porém relatado em várias espécies. Este trabalho apresenta a ocorrência de *Eira barbara* com coloração anômala, consideradas leucísticas. O registro foi realizado por captura de imagem em armadilha fotográfica na região central do estado de São Paulo, no município de Jaú, sendo o primeiro relato em remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no Brasil.

Palavras-chave: Mustelidae; Distúrbio genético; Pelagem anômala; Leucismo.

ABSTRACT - Anomalous colored mammals occur due to genetic disorders, being an unusual event in nature. This work present the occurrence of *Eira barbara* with anomalous coloring, considered leucistic. The recording was performed by image capture in a camera trap in the central region of the state of São Paulo, in the municipality of Jau, being the first report in remnants of Seasonal Semidecuiduos Forest in Brazil.

Keywords: Mustelidae; Genetic disorder; Anomalous coat; Leucism.

¹ Recebido para análise em 03.04.2020. Aceito para publicação em 20.11.2020.

² Faculdade de Tecnologia de Jaú – FATEC-JAHU, Rua Frei Galvão, s/n, 17.212-599, Jaú, SP, Brasil.

³ Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Departamento de Ciências Biológicas, Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, 17033-360, Bauru, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Walter Daniel Greghi - greghidaniel@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

No Brasil são listadas 701 espécies de mamíferos, divididas em 12 ordens (Paglia et al., 2012), sendo 231 espécies encontradas no estado de São Paulo (de Vivo et al., 2011). A irara, *Eira barbara* (Linnaeus, 1758), pertence à família Mustelidae, também é conhecida como papa-mel e apresenta distribuição geográfica a partir do sul do México até o norte da Argentina (Eisenberg e Redford, 1999), ocorrendo em quase todo território brasileiro (Cheida et al., 2006).

Esta espécie apresenta corpo alongado, cauda longa, orelhas redondas e pequenas, onde a pelagem do corpo prevalece com cores escuras em marrom ou negro, podendo ter manchas inconstantes variando do branco ao creme apenas na cabeça, como também apenas na parte superior e inferior do pescoço ou no peito (Cabrera e Yepes, 1960). Porém, os indivíduos encontrados no Peru apresentam corpo mais claro que a cabeça (Emmons, 1997; Presley, 2000), enquanto no Brasil, a cabeça é mais clara que o corpo (Cimardi, 1996). No Panamá a coloração de sua pelagem é predominantemente negra, mas também são encontradas variações de branco-amarelado (Presley, 2000) e o mesmo é observado em populações na Bolívia (Tarifa et al., 2001).

A tonalidade da pelagem em todos os mamíferos faz parte dos processos de ocultação, comunicação, funções fisiológicas e seleção sexual (Caro, 2005). As variações nas tonalidades são determinadas pelos pigmentos eumelanina (marrom e negro), como de feomelanina (amarelo e vermelho) realizadas por células melanócitos presentes no tecido epitelial, íris e pelos (Prota, 1980; Sanchez-Ferrer et al., 1995).

A variação da tonalidade também pode estar associada à distribuição geográfica, variação sazonal, idade, sexo e peso (Ortolani, 1999; Stoner et al., 2003; Kawanishi et al., 2010; Ancilloto e Mori, 2017). No entanto, anomalias de cores são observadas quando pigmentos tegumentares estão presentes em quantidades excessivas ou deficientes em partes

ou na totalidade do corpo (Prota, 1980; Ortolani, 1999; Fertl e Rosel, 2002; Caro, 2005), sendo estas descritas como leucismo, albinismo e melanismo (Fertl e Rosel, 2002).

A redução parcial ou total da pigmentação sem afetar tecidos moles, como olhos e pele, que retém a coloração normal é denominada leucismo (Miller, 2005; Acevedo e Aguayo, 2008) e suas causas são comumente atribuídas à presença de alelos mutantes recessivos (Bensch et al., 2000). O albinismo se difere, pois é provocado por um distúrbio recessivo, rosando a pele e olhos do indivíduo e em mamíferos se caracteriza pela pelagem branca (Rodrigues et al., 1999; Oliveira, 2009). Por fim, o melanismo é descrito como um aumento na quantidade de pigmento negro em um indivíduo (Acevedo e Aguayo, 2008).

Neste trabalho, apresentamos novos registros de iraras de coloração anômala para o estado de São Paulo por captura de imagens em armadilhas fotográficas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Reserva Particular do Patrimônio Natural Reserva Ecológica Amadeu Botelho - REAB é uma Unidade de Conservação com 142,88 ha de remanescente de vegetação nativa, situada na Fazenda Santo Antônio dos Ipês (Figura 1), sob as coordenadas geográficas (22°18'24"S, 48°31'26"O), localizada no município de Jaú, região central do estado de São Paulo.

A reserva está inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, sendo a fitofisionomia predominante a Floresta Estacional Semidecidual, com pequenos trechos de Floresta Estacional Decidual e Ciliar (Nicolini-Gabriel e Pagano, 1993; Mazziero e Nonato, 2015), com altitude entre 523 e 596 m (Pessoa, 2013). O clima é classificado Cwa, com temperatura média de 16,5° a 28,5° C e precipitação média anual de 1.220 a 1.500 mm (Pessoa, 2013).

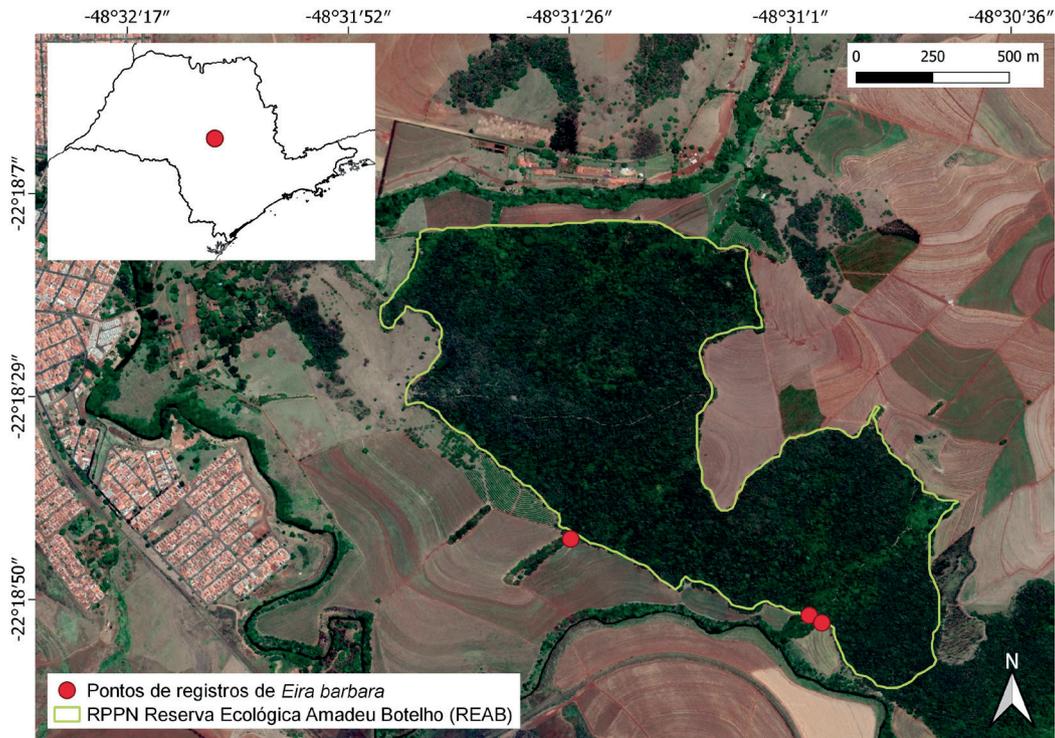


Figura 1. Localização dos registros de *Eira barbara* na RPPN Reserva Ecológica Amadeu Botelho - REAB, município de Jaú, SP.

Figure 1. Record points of *Eira barbara* at RPPN Ecological Reserve Amadeu Botelho - REAB, municipality of Jaú, SP.

Historicamente a vegetação do município foi suprimida para dar espaço para as plantações de café e, em seguida, para plantações de cana-de-açúcar. Conseqüentemente, os últimos dados sobre a vegetação no município (Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo - SIFESP, 2009) indicam que apenas 1,5% de sua área ainda abrigam cobertura vegetal nativa, dos quais as florestas em bom estado de conservação somam aproximadamente 0,58% da área do município, sendo que a REAB abriga aproximadamente um terço desse valor (SIFESP, 2009). Além disso, os demais fragmentos presentes no município são de pequeno porte não chegando a 30 ha de área e distantes entre si (SIFESP, 2009) e sem conectividade, inclusive com a REAB.

2.2 COLETA DE DADOS

Em levantamento de campo para estudo de espécies de mamíferos nativos e exóticos na REAB duas armadilhas fotográficas foram instaladas entre 29 de setembro de 2018 e 05 de novembro de 2019, alojadas aproximadamente 30 – 50 cm acima do solo com intervalo entre as fotos definido como mínimo (1 minuto

para o primeiro e segundo registro, respectivamente) totalizando um esforço de 744 câmeras/dia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relatamos neste estudo três registros em armadilhas-fotográficas de iraras branco-amarelado.

O primeiro registro foi obtido em 11/10/2018 às 13:44 h, sendo uma dupla composta por um indivíduo de coloração negra com parte superior do pescoço e cabeça branca, padrão considerado normal para a espécie, e outro branco-amarelado, considerado leucístico (Figura 2 A e B). O indivíduo leucístico apresentou maior porte podendo se tratar de um casal, pois machos geralmente são 30% maiores que fêmeas (Kaufmann e Kaufmann, 1965).

O segundo registro foi feito em 05/02/2019 às 09:54 h (Figura 2 C) e apresenta um indivíduo solitário branco-amarelado, considerado também leucístico. O terceiro registro realizado em 03/03/2019 às 11:16 h (Figura 2 D) foi no mesmo local do segundo em um intervalo de 26 dias, e apresenta provavelmente o mesmo indivíduo devido semelhanças no porte e coloração.



Figura 2. (A) e (B) Indivíduos de *Eira barbara* com coloração branco-amarelado, registradas adentrando ao fragmento de mata na RPPN Reserva Ecológica Amadeu Botelho, Jau, SP; (C) e (D) *Eira barbara* com coloração branco-amarelado registrada entre o fragmento e mata ciliar na RPPN Reserva Ecológica Amadeu Botelho, Jau, SP.

Figure 2. (A) e (B) Individuals of *Eira barbara* with yellowish-white color, registered entering the Forest in the RPPN Ecological Reserve Amadeu Botelho, Jau, SP; (C) e (D) *Eira barbara* with yellowish-white color registered between the fragment and riparian forest in the RPPN ecological Reserve Amadeu Botelho Jau, SP.

O padrão de coloração em nossos registros são semelhantes aos relatados por Trolle (2003) no estado do Amazonas, por Reis et al. (2005) no estado do Paraná, em Santa Catarina por Tortato e Althoff (2007), no Rio de Janeiro (Aximoff e Rosa, 2016), em Minas Gerais (Talamoni et al., 2017) e para o estado de São Paulo por Scrich et al. (2019). Todos estes registros foram em fitofisionomias diferentes, sendo esse último feito em Luiz Antônio na Estação Ecológica Jataí em vegetação predominantemente de Cerradão à 151 km da REAB.

Seguindo Tortato e Althoff (2007), desconsideramos albinismo, pois os animais não apresentam pele rosada, olhos vermelhos e pelagem uniforme branca (Rodrigues et al., 1999; Oliveira, 2009; Aximoff e Rosa, 2016).

Assim como descrito por Tortato e Althoff (2007) e Scrich et al. (2019), além das definições de

coloração anômala em mamíferos propostas (e.g. Fertl e Rosel, 2002; Miller, 2005; Acevedo e Aguayo, 2008; Hofreiter e Schöneberg, 2010), as iraras observadas mantiveram a pigmentação escura dos olhos e extremidades do corpo sem afetar tecidos moles como orelhas, por exemplo, apresentando coloração branco-amarelado uniforme, tendo partes mais escuras, sendo portanto, consideradas iraras leucísticas.

AREAB é o remanescente mais significativo de floresta nativa existente no município de Jaú e um dos mais importantes em toda a região. Encontra-se distante de outros fragmentos florestais, sendo praticamente o único local de refúgio, em um raio de quilômetros, para diversas espécies (Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2008). Iraras raramente são encontradas fora de habitats florestais sugerindo forte tendência arbórea, como também todas suas presas são de habitats

fechados (Presley, 2000). Devido este isolamento, a população pode ter se tornado endogâmica, ou com indivíduos geneticamente aparentados (Hartl e Clark, 1989). Os efeitos da endogamia na composição genética da população consistem em decréscimo de indivíduos heterozigotos, redistribuição de variabilidade genética e aumenta a chance de genes recessivos de efeitos deletérios (Falconer e Mackay, 1996; Fortes e Bicca-Marques 2008). Registros de cores anormais podem transmitir essas informações em populações isoladas (Fortes e Bicca-Marques, 2008), sendo mais suscetíveis em iraras que em outros mustelídeos (Presley, 2000). A ausência de conectividade, para uma possível dispersão das iraras para outros fragmentos pode influenciar o futuro dessa população. Uma avaliação genética sobre esses indivíduos pode colaborar para a conservação desses mamíferos e valorizar a importância da manutenção dos remanescentes florestais.

4 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a Antônio Carlos Botelho Müller Carioba e proprietários da REAB por possibilitarem a realização de estudos na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, J.; AGUAYO, M. Leucistic South American sea lion in Chile, with a review of anomalously color in otterids. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 23, n. 2, p. 413-417, 2008.

ANCILLOTO, L.; MORI, E. Adaptive significance of coat colouration and patterns of *Sciuromorpha* (Rodentia). **Ethology Ecology and Evolution**, v. 29, n. 3, p. 241-254, 2017.

AXIMOFF, I.A.; ROSA, C.A. First records of albinism in greyheaded tayra (Carnivora, Mustelidae) and occurrence in high-altitude grassland in Brazil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 4, p. 526-531, 2016.

BENSCH, S. et al. Partial albinism in a semi-isolated population of great reed warblers. **Hereditas**, v. 2, n. 133, p. 167-170, 2000.

CABRERA, A.; YEPES, J. **Mamíferos Sud Americanos**. 2.ed. Buenos Aires: Ediar S.A. Editores, 1960. v. 1, 187 p.

CARO, T. The adaptive significance of coloration in mammals. **Bioscience**, v. 55, n. 2, p. 125-136, 2005.

CHEIDA, C.C. et al. Ordem Carnivora. In: REIS, R. et al. (Eds.). **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Eduel, 2006. p. 231-276.

CIMARDI, A.V. **Mamíferos de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente, 1996. 302 p.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. **Caderno n. 35 - SÉRIE CONSERVAÇÃO E ÁREAS PROTEGIDAS**. 2008. 41 p.

DE VIVO, M. et al. Checklist of mammals from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1a, p. 111-131, 2011.

EISENBERG, J.F.; REDFORD, K.H. **Mammals of the Neotropics**. The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Chicago: The University of Chicago Press, 1999, v. 3, 609 p.

EMMONS, L.H. **Neotropical rainforest mammals**. A field guide. 2. ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. 396 p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

FERTL, D.; ROSEL, P. Albinism. In: PERRIN, W.F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J.G.M. (Ed.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002. p. 16-8.

FORTES, V.B.; BICCA-MARQUES, J.C. Abnormal Pelage Color in an Isolated Population of *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940 in South Brazil. **International Journal of Primatology** v. 29, p. 717-722, 2008.

- HARTL, D.L.; CLARK, A.G. **Principles of Population Genetics**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1989. 682 p.
- HOFREITER, M.; SCHÖNEBERG, T. The genetic and evolutionary basis of color variation in vertebrates. **Cellular and molecular life sciences** v. 67, p. 2591-603, 2010.
- KAUFMANN, J.H.; KAUFMANN, A. Observations of the behavior of Tayras and grisons. **Zeitschrift für Säugetierkunde**, v. 30, p. 146-155, 1965.
- KAWANISHI, K. et al. Near fixation of melanism in leopards of the Malay Peninsula. **Journal of Zoology**, v. 282, n. 3, p. 201-206, 2010.
- MAZZIEIRO, F.F.F.; NONATO, F.R. Ferns and lycophytes from Jau, São Paulo, Brazil. **Check List**, v. 11, n. 6, p. 1-10, 2015.
- MILLER, J.D. All about albinism. **Missouri Conservationist Magazine**, n. 66, p. 5-7, 2005.
- NICOLINI-GABRIEL, E.M.; PAGANO, S.N. Composição fitossociologia do estrato arbóreo de Floresta Mesófila Semidecídua, no Município de Jaú, SP. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 36, n. 1, p. 165-184, 1993.
- OLIVEIRA, S.V. Albinismo parcial em cutia *Dasyprocta azarae* (Lichtenstein, 1823) (Rodentia, Dasyproctidae), no sul do Brasil. **Biotemas**, v. 22, n. 2, p. 243-246, 2009.
- ORTOLANI, A. Spots, stripes, tail tips and dark eyes: Predicting the function of carnivore colour patterns in carnivores using the comparative method. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 67, n. 4, p. 433-476, 1999.
- PAGLIA, A.P. et al. Annotated Checklist of Brazilian Mammals, 2. ed. **Occasional papers in Conservation Biology**, n. 6, p. 1-76, 2012.
- PESSOA, R.H. **Plano de manejo da Reserva Ecológica Amadeu Botelho**. Jaú: Estado de São Paulo, 2013. 91 p. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/rppn_amadeu_botelho_pm.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2020.
- PRESLEY, S.J. *Eira barbara*. **Mammalian Species**, n. 636, p. 1-6, 2000.
- PROTA, G. Recent advances in the chemistry melanogenesis in mammals. **Journal Investigation Dermatology**, v. 75, n. 1, p. 122-7, 1980.
- REIS, N.R. et al. **Mamíferos da Fazenda Monte Alegre – Paraná**. Londrina: Eduel, 2005. 177 p.
- RODRIGUES, F.H.G. et al. Um albino parcial de veado campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*, Linnaeus) no Parque Nacional das Emas, Goiás. **Revista Brasileira Zoologia**, v. 16, n. 4, p. 1229-1232, 1999.
- SANCHEZ-FERRER, A. et al. Tyrosinase: a comprehensive review of its mechanism. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1247, n. 1, p. 1-11, 1995.
- SCRICH, V.M. et al. Occurrence of tayras (*Eira barbara* Linnaeus, 1758) with anomalous coloration in Cerrado remnants in the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 3, 2019.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO - SIFESP. Mapa Florestal do Estado de São Paulo por Município: Jaú. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/>>. Acesso em: 09 jul. 2020.
- STONER, C.J.; BININDA-EMONDS, O.R.P.; CARO, T. The adaptive significance of coloration in lagomorphs. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 79, n. 2, p. 309-328, 2003.

GREGHI, W.D. et al. Registros de Irara *Eira barbara* com coloração anômala no Estado de São Paulo

TALAMONI, S. et al. Occurrence of leucism in *Eira barbara* (Carnivora, Mustelidae) in Brazil, **Biota Neotropica**, v. 17, n. 3, e20170328, 2017.

TARIFA, T. et al. **Mamíferos del Parque Nacional Madidi**. La Paz: Hisbol, 2001. 194 p.

TORTATO, F.R.; ALTHOFF, S.L. Variações na coloração de iraras (*Eira barbara* Linnaeus, 1758 - Carnivora, Mustelidae) da Reserva Biológica Estadual do Sassafrás, Santa Catarina, sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 366-367, 2007.

TROLLE, M. Mammal survey in the Rio Jauaperí region, Rio Negro Basin, the Amazon, Brazil. **Mammalia**, v. 67, n. 1, p. 75-83, 2003.



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Secretaria de
Infraestrutura e Meio Ambiente