

ISSN Online 2178-5031



Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

v. 28 n. 2 dez. 2016

Revista do Instituto Florestal

v. 28 n. 2 p. 87 - 216 dez. 2016

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIA DO MEIO AMBIENTE

Ricardo de Aquino Salles

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Edgar Fernando de Luca

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

v. 28 n. 2 p. 87 - 216 dez. 2016

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

São Paulo, Instituto Florestal.

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

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

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

Tiragem: 400 exemplares

CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

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

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

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

EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin
FCA – UNESP – Botucatu

Antonio Ludovico Beraldo
FEAGRI – UNICAMP

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Claudio de Moura
Instituto Florestal

Daniela Fessel Bertani
Instituto Florestal

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Humberto Gallo Júnior
Instituto Florestal

Ingrid Koch
UNICAMP

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Leonardo Alves de Andrade
UFPB – Areia

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal

Milton Cezar Ribeiro
IB – UNESP – Rio Claro

Paulo Andreeto de Muzio
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agronômico de Campinas

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

CONSELHO EDITORIAL/EDITORIAL COUNCIL

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

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

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

George John Shepherd – *IB-UNICAMP*

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

Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – *IB-USP*

Robin Chazdon – *The University of Connecticut, EUA*

Sueli Angelo Furlan – *FFLCH-USP*

REVISÃO DO VERNÁCULO/LÍNGUA INGLESA

PORTUGUESE/ENGLISH REVIWER

Yara Cristina Marcondes

EDITORIAÇÃO GRÁFICA

GRAPHIC EDITING

Filipe Bernardino Barbosa

Yara Cristina Marcondes

REVISÃO FINAL

FINAL REVIEW

Yara Cristina Marcondes

CRIAÇÃO DO LOGO

LOGO DESIGN

Carlos Alberto de Freitas

Priscila Weingartner

TRATAMENTO DE IMAGENS

IMAGE EDITING

Filipe Bernardino Barbosa

Priscila Weingartner

REVISÃO DE LÍNGUA ESPANHOLA

SPANISH REVIWERS

Ivan Suarez da Mota

CRIAÇÃO DA CAPA

COVER ART

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima

Regiane Stella Guzzon

ANALISTAS/REFEREES

Andrea Nunes Vaz Pedroso	Julia Sonsin Oliveira <i>Universidade de Brasília</i>
Christopher Thomas Blum <i>Universidade Federal do Paraná</i>	Luis Fabio Silveira <i>Universidade de São Paulo</i>
Eduardo Luiz Longui <i>Instituto Florestal</i>	Maria Teresa Zugliani Toniato <i>Instituto Florestal</i>
Emerson Galvani <i>FFLCH – Universidade de São Paulo</i>	Matheus Peres Chagas <i>Universidade Federal de Goiás</i>
Fabio Olmos <i>Consultor Autônomo</i>	Miguel Luiz Menezes Freitas <i>Instituto Florestal</i>
Gabriel Paes Marangon <i>Universidade Federal de Alagoas</i>	Rodrigo Kersten <i>Pontifícia Universidade Católica do Paraná</i>
Gustavo Armani <i>Instituto Geológico</i>	Roque Cielo Filho <i>Instituto Florestal</i>
Israel Luiz de Lima <i>Instituto Florestal</i>	Wanderley dos Santos <i>PPG em Agronomia – UNESP – Ilha Solteira</i>
Jackson Roberto Eleotério <i>Universidade Regional de Blumenau</i>	Willyam de Lima Vieira <i>Universidade do Oeste Paulista</i>

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Estimación de parámetros genéticos cuantitativos en familias de polinización abierta de *Eucalyptus urophylla*. Estimation of quantitative genetic parameters in open pollinated progenies of *Eucalyptus urophylla*. Gabriel Costa ROCHA; Jéssica Bezerra BANDEIRA; Antonio Higo Moreira de SOUSA; Liliana HERNANDEZ; Fernanda Maria ABÍLIO; Edwin Camacho PALOMINO; Cristiano Bueno de MORAES 93-101
- Análise do desenvolvimento inicial de mudas de *Tabebuia impetiginosa* submetidas a diferentes tipos de substratos. Analysis of the initial development of *Tabebuia impetiginosa* seedlings submitted to different types of substrates. Thais Pollon ZANATTA; Edison Bisognin CANTARELLI; Daniele FONTANA; Patricia BREZOLIN; Carolina TRENTIN; Diandra DELLA FLORA; Carla Janaina WERNER 103-109
- Funções de densidade probabilística para predição da distribuição diamétrica em plantios de eucalipto em função do espaçamento. Probability density functions for prediction of diameter distribution in eucalyptus plantations in spacing function. Thomas SCHRODER; Anna Paula Lora ZIMMERMANN; Frederico Dimas FLEIG; Victor Carlos DOMINGOS NETO 111-117
- Epífitas vasculares do Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo, Brasil. Vascular epiphytes from Porto Ferreira State Park, São Paulo, Brazil. Gabriel Mendes MARCUSO; Ernesto Pedro DICKFELDT; José Eduardo de Arruda BERTONI; Reinaldo MONTEIRO 119-133
- Aves registradas em 14 áreas protegidas no interior do estado de São Paulo, Brasil. Birds recorded in 14 protected areas of the state of São Paulo, southeastern Brazil. Alexander Zamorano ANTUNES; Marina Mitsue KANASHIRO; Marilda Rapp de ESTON 135-157
- Plantios florestais com pinus no Estado do Paraná e os novos cenários definidos pelas mudanças climáticas globais. New scenarios of the regions with the potential for forest plantations with pinus in Paraná state on global climate change. Marcos Silveira WREGE; Paulo Henrique CARAMORI; Marilice Cordeiro GARRASTAZU; Elenice FRITZSONS; Adriane PARTALA; Georgia Luize CHRISTENSEN 159-175
- Sobrevivência de *Ctenanthe lanceolata* Petersen e *Goeppertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez (Marantaceae) após o desmatamento. Survival of *Ctenanthe lanceolata* Petersen and *Goeppertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez (Marantaceae) after deforestation. Vanessa Rebouças dos SANTOS; Vivian TAMAKI; Rogério Mamoru SUZUKI; Ivomar Aparecido MEDINA; Regina Tomoko SHIRASUNA; Sarah Moreno CARRIÃO 177-191
- Wood hydraulic characteristics in two provenances of *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) trees. Características hidráulicas da madeira em árvores de duas procedências de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae). Gabriela Trindade PIRES; Eduardo Luiz LONGUI; Guillermo ANGELES; Israel Luiz de LIMA; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM; Diego ROMERO 193-203
- NOTA CIENTÍFICA
- Caracterização dos processos industriais de uma empresa de tratamento de madeira (Nota Científica). Characterization of industrial processes of a wood treatment company (Scientific Note). Iann Pinheiro ROCHA; Luís Carlos de FREITAS; Caio da Silva MAFRA NETO; Matheus Lita MACEDO; Murilo Rocha CERQUEIRA 205-211

**ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS CUANTITATIVOS EN FAMILIAS DE
POLINIZACIÓN ABIERTA DE *Eucalyptus urophylla*¹**

**ESTIMATION OF QUANTITATIVE GENETIC PARAMETERS IN OPEN
POLLINATED PROGENIES OF *Eucalyptus urophylla***

Gabriel Costa ROCHA^{2,5}; Jéssica Bezerra BANDEIRA²;
Antonio Higo Moreira de SOUSA²; Liliana HERNANDEZ²; Fernanda Maria ABÍLIO³;
Edwin Camacho PALOMINO⁴; Cristiano Bueno de MORAES²

RESUMEN – La eucaliptocultura en el Brasil representa aproximadamente 5,6 millones de hectáreas plantadas, con una producción media de madera de 39 m³.ha.año para el año 2014. *Eucalyptus urophylla* se destaca como una de las especies más utilizadas e importantes del género para los programas de mejoramiento en el país. De esta forma, el objetivo del presente trabajo fue estimar los parámetros genéticos para las características silviculturales en un ensayo de progenies de polinización abierta de *Eucalyptus urophylla*, considerando diferentes edades. El experimento fue implantado en área perteneciente a la empresa Eucatex, localizada en la ciudad de Itatinga/SP en un diseño de bloques al acaso, 20 progenies, nueve repeticiones, cinco plantas por parcela, totalizando 900 plantas. Se realizaron las siguientes evaluaciones: a) altura de plantas; b) diámetro de planta a la altura del pecho y c) volumen de madera en metros cúbicos. La estimación de los parámetros genéticos cuantitativos fue realizado adoptando el procedimiento REML/BLUP. El análisis de desviación mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las progenies en estudio. La heredabilidad media de las progenies ($h^2_{mp\%}$) para los caracteres altura de planta a los 36 meses de edad (ALT: 96), diámetro a la altura del pecho (DAP: 94) y volumen de madera (VOL: 95) mostró alto control genético para la expresión de los caracteres. Las correlaciones fenotípicas y genéticas presentaron valores altos (70 a 97%) realizadas con base al DAP, optimizando el trabajo del mejorador.

Palabras clave: ensayo de progenie; selección genética; mejoramiento forestal.

¹Recebido para análise em 20.05.2016. Aceito para publicação em 18.07.2016.

²Universidade Federal do Tocantins – UFT, *Campus* de Gurupi, Rua Badejós, Lote 7, Chácaras 69/72, Zona Rural, Caixa Postal 66, 77402-970, Gurupi, TO, Brasil.

³Empresa Eucatex, S.A. 811/909, Rua Ribeirão Preto, Jardim Marília, 13323-010, Salto, SP, Brasil.

⁴Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Instituto de Biodiversidade e Florestas – IBEF, Rua Vera Paz, s/n, Salé, 68035-110, Santarém, PA, Brasil.

⁵Autor para correspondência: Gabriel Costa Rocha – gabriel_costarocha@hotmail.com

ABSTRACT – The eucalypt cultivation in Brazil is approximately 5,6 million hectares planted, with an average wood production of 39 m³/hectares per year for 2014. *Eucalyptus urophylla* stands out as one of the most used and important species of the genus for the improvement programs in the country. Thus, the objective of this study was to estimate genetic parameters for silvicultural characters at a test of open pollinated progenies of *Eucalyptus urophylla*, considering different ages. The experiment was established in an area that belongs to the Eucatex company, located in the city of Itatinga/SP in a design of randomized blocks, 20 progenies, nine replicates, five plants per plot, totaling 900 plants. The following evaluations were performed: a) plant height, b) plant diameter at breast height and c) wood volume in cubic meters. The estimation of quantitative genetic parameters was executed by adopting the REML/BLUP procedure. The analysis of variance presented significant differences ($p < 0.05$) among the studied progenies. The average heritability of progenies ($h^2_{mp\%}$) for the characters plant height at 36 months of age (H: 96), diameter at breast height (DBH: 94) and wood volume (VOL: 95), presented high genetic control for the characters expression. The phenotypic and genetic correlations showed high values (70 to 97%), performed based on DBH, optimizing the work of the breeder.

Keywords: progeny testing; genetic selection; forest breeding.

1 INTRODUCCIÓN

El sector forestal es un importante contribuyente para la producción de productos maderables y no maderables, contribuyendo con empleos directos e indirectos para el país, totalizando 7,7 millones de hectáreas de área plantada en el año de cultivo de 2013, aumentando 42% su área entre los años de 2006 a 2013 (Indústria Brasileira de Árvores – IBA, 2014).

Fue en el año de 1970 que el *Eucalyptus urophylla* fue introducido en Brasil, originario de las islas orientales del archipiélago de Sonda (Indonesia) situada entre las latitudes de 7° a 10° S y altitud entre 300 y 3.000 msnm (Pryor y Johnson, 1971). Es una de las 900 especies de eucalipto (Brooker y Kleining, 2006) más utilizado comercialmente, con buen crecimiento y resistencia a plagas y enfermedades (Fonseca et al., 2010).

Esta especie posee también grande potencial de adaptación, rusticidad y capacidad de brotación y ha sido la principal especie utilizada para la producción de híbridos con *Eucalyptus grandis* (Rocha et al., 2007; Madhibha et al., 2013). Este híbrido viabilizó plantaciones tolerantes al chancro en el litoral del Estado de Espírito Santo,

al déficit hídrico en áreas de Sabana, además de presentar buenas características de madera para las más diversas opciones de uso.

Una etapa importante en un programa de mejoramiento a largo plazo para *Eucalyptus urophylla* son las investigaciones básicas para conocer mejor la variabilidad genética de la población principal de trabajo (Rocha et al., 2006; Moraes et al., 2014a).

Estudios muestran que existe suficiente variabilidad genética a ser explorada, debido a la existencia de diversas procedencias, permitiendo realizar la selección para regiones tropicales, temperadas y subtropicales (Pryor y Johnson, 1971).

De esta manera los parámetros genéticos cuantitativos son herramientas importantes para que el fito mejorador conozca previamente la variabilidad existente y facilite la adopción de la mejor estrategia de selección (Zobel y Talbert, 1984; Falconer, 1987; Vencovsky y Barriga, 1992).

Así, el objetivo del presente trabajo fue el de estimar los parámetros genéticos para las características silviculturales de un ensayo de progenies de polinización libre de *Eucalyptus urophylla* considerando diferentes edades de evaluación, bien como de las correlaciones genéticas y fenológica.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

La implantación del experimento se llevó a cabo en el mes de agosto de 2010 en una hacienda de la empresa Eucatex S/A, localizada en la ciudad de Itatinga/SP. El tipo de suelo fue un Neosuelo Quartzarenico y presentaba características edafoclimáticas del tipo Cwa (templado húmedo con invierno seco y verano caliente), según la clasificación de Köppen (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999; Rolim et al., 2007).

Las progenies estudiadas de polinización abierta de *Eucalyptus urophylla* son originarias del Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, procedentes de Indonesia, de Timor y de Flores.

El delineamiento estadístico adoptado fue el de bloques al acaso, compuesto por 20 progenies, nueve repeticiones, cinco plantas por parcela con espaciamento de 3 x 2 metros y dos lines como borde en torno del experimento.

Fueron evaluadas las siguientes características: 1) altura de árbol (ALT, m); 2) diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) y 3) volumen de madera (VOL, m³) en metros cúbicos.

Las estimaciones de los componentes de variancia y de los parámetros genéticos fueron generados con el apoyo del programa SELEGEN utilizando el procedimiento REML/BLUP (estimativa de los parámetros genéticos por máxima verosimilitud restricta – REML, y predicción de los valores genéticos por el procedimiento de la mejor predicción lineal no alterado – BLUP), como propuesto por Resende (2007).

Los datos fueron analizados utilizando el modelo número 93 para los análisis individuales de cada experimento: $Y = Xr + Za + Wp + \epsilon$, donde: y es el vector de datos, r es el vector de los efectos de repeticiones (considerados como fijos) sumados a la media general, a es el vector de los efectos genéticos aditivos individuales (asumidos como aleatorios), p es el vector de los efectos de parcela (asumidos como aleatorios) y ϵ es el vector del error o residuos (aleatorios). Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para los efectos referidos. X , Z y W son matrices de incidencia conocidas, formadas por valores de cero y uno, las cuales asocian las incógnitas r , a y p al vector de datos y , respectivamente.

La metodología de los modelos mixtos permite estimar r por el método de los cuadrados mínimos generalizados y predecir a y p por el procedimiento BLUP (Unbised). Por medio de los algoritmos EM se realiza el procedimiento REML (Restrict Maximum Likelihood) o método de la máxima verosimilitud, donde las resoluciones de matrices generan estimativas de efectos ajustados de los vectores calculados. Serán calculados los siguientes parámetros genéticos cuantitativos:

Varianza genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$)

$$\hat{\sigma}_a^2 = [\hat{a}' A^{-1} \hat{a} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr} (A^{-1} C^{22})] / q$$

Varianza ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$)

$$\hat{\sigma}_c^2 = [\hat{c}' \hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr} C^{33}] / s_1$$

Varianza residual (ambiental + no aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$)

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y'y - \hat{r}' X'y - \hat{a}' Z'y - \hat{c}' W'y] / [N - r(x)]$$

En que: C^{22} y C^{33} viene de la inversa de C .

C : matriz de los coeficientes de las ecuaciones del modelo mixto.

tr: operador trazo matricial.

$r(x)$: puesto de la matriz X .

N , q , s_1 : números de datos, de individuos y de parcelas, respectivamente.

Varianza fenotípica individual: $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2$

Heredabilidad individual en sentido estricto

$$\text{(efectos aditivos): } \hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

Heredabilidad de la media de progenies:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2}{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{(0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{n \cdot r}}$$

Heredabilidad aditiva dentro de parcela:

$$\hat{h}_{ad}^2 = \frac{0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2}{0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}$$

Coefficiente de variación genética aditiva individual:

$$CV_{gi}(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \cdot 100$$

Coefficiente de variación genotípica entre progenies:

$$CV_{gp}(\%) = \frac{\sqrt{0,25 \hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \cdot 100$$

Coefficiente de variación experimental:

$$CV_{exp}(\%) = \frac{\sqrt{[0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2] / n} + \hat{\sigma}_e^2}{\hat{m}} \cdot 100$$

Coefficiente de variación relativa: $CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_{exp}}$

Precisión de la selección de progenies, asumiendo

sobrevivencia completa: $\hat{r}_{aa} = \sqrt{\hat{h}_m^2}$

Coefficiente de determinación de los efectos de

parcela: $\hat{C}_p^2 = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_f^2}$

Las correlaciones genéticas y fenotípicas bien como la prueba de significación fueron estimadas por las ecuaciones de Lambeth, según Resende (2007), utilizando los modelos 102 y 105 del programa SELEGEN.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) por el test de la razón de verosimilitud (distribución chi-cuadrado) asociada al análisis de la desviación (Resende, 2007), para las diferentes progenies, para las diferentes edades de evaluación y para las características silvoculturales de interés.

Las progenies presentaron satisfactoriamente su desenvolvimiento y crecimiento vegetativo a lo largo de su ciclo, durante el experimento.

Las variables silvoculturales estudiadas (DAP, ALT y VOL) presentaron valores medios para el ensayo a los 36 meses de 9,37 cm; 12,6 m y 0,044 m³ respectivamente, para las condiciones ambientales de la hacienda São José do Bromado, que están de acuerdo con los valores encontrados para *Eucalyptus* en la literatura científica (Ettori y Sato, 1996; Del Quiqui et al., 2001).

La presencia de variabilidad genética entre las progenies posibilita la selección de individuos con características silvoculturales de interés para los programas de clonación. Las estimativas del coeficiente de variación experimental (CV_{exp} %) variaron de 6,88% a 36,0% para las variables diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de planta (ALT) y volumen de madera (VOL), encontrándose dentro de lo permisible para ensayos de campo.

Según Pimental-Gomes y Garcia (2002), los valores para el coeficiente de variación experimental (CV_{exp} %) varían en función del carácter en estudio, siendo que valores inferiores de 10% son de alta precisión, 10 a 20%, medios y encima de 20% menor precisión para experimentos de campo, confirmando que los valores encontrados en el presente trabajo son adecuados para experimentos de *Eucalyptus* sobre estas condiciones (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes de variación experimental (CV_{exp} %) y media de las características: altura de la planta (ALT, m), diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) y volumen de madera en metros cúbicos (VOL, m³) para las progenies de *Eucalyptus urophylla* a los 6, 24 y 36 meses de evaluaciones.

Table 1. Coefficients of experimental variation (CV_{exp} %) and average of the features: plant height (H, m), diameter at breast height (DBH, cm) and volume of wood in cubic meters (VOL, m³) for the progeny of *Eucalyptus urophylla* at 6, 24 and 36 months of assessments.

Caracteres	6 meses		24 meses		36 meses	
	Media	CV _{exp} %	Media	CV _{exp} %	Media	CV _{exp} %
ALT (m)	1,66	15,07	8,02	10,53	12,60	6,88
DAP (cm)	2,93	13,21	6,35	15,10	9,37	10,17
VOL (m ³)	0,006	36,00	0,014	30,00	0,044	24,21

La heredabilidad al nivel de individuos (\hat{h}_a^2) presentó valores variando de 32 a 79% para los caracteres de crecimiento en las progenies de polinización abierta de *E. urophylla* a lo largo de las edades evaluadas. Según Pires et al. (2011),

la heredabilidad informa sobre la proporción relativa de las influencias genéticas y ambientales sobre la manifestación fenotípica de los caracteres, por tanto, la facilidad o dificultad para mejorar determinados caracteres (Tabla 2).

Tabla 2. Estimación de la heredabilidad al nivel de individuos y de media de progenies ($\hat{h}_a^2\%$), ($\hat{h}_{mp}^2\%$), heredabilidad aditiva dentro de progenies ($\hat{h}_{ad}^2\%$) y precisión al nivel de progenies ($\hat{r}_{aa}^2\%$) para los caracteres altura de planta (ALT, m), diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) y volumen de madera en metros cúbicos (VOL, m³) considerando progenies de *Eucalyptus urophylla* a los 6, 24 y 36 meses de edad.

Table 2. Estimated heritability at the level of individuals not adjusted ($\hat{h}_a^2\%$), ($\hat{h}_{mp}^2\%$), additive heritability within progenies ($\hat{h}_{ad}^2\%$) and accuracy to the progenies ($\hat{r}_{aa}^2\%$) for characters level height (H, m), diameter at breast height (DAP, cm) and volume of wood in cubic meters (VOL, m³) whereas progeny of *Eucalyptus urophylla* at 6, 24 and 36 months of age.

Parámetros genéticos (%)	6 meses	24 meses	36 meses
ALT m			
\hat{h}_a^2	35	40	79
\hat{h}_{mp}^2	80	94	96
\hat{h}_{ad}^2	30	16	69
\hat{r}_{aa}^2	88	97	97
DAP cm			
\hat{h}_a^2	52	47	71
\hat{h}_{mp}^2	90	90	94
\hat{h}_{ad}^2	43	35	62
\hat{r}_{aa}^2	94	95	97
VOL m ³			
\hat{h}_a^2	32	64	77
\hat{h}_{mp}^2	84	94	95
\hat{h}_{ad}^2	23	53	68
\hat{r}_{aa}^2	92	96	97

Según Vencovsky y Barriga (1992) el coeficiente de heredabilidad tiene alto control genético cuanto más próximo de uno, mientras que los caracteres de baja heredabilidad son más influenciados por los factores ambientales, cuando los valores obtenidos están próximos de cero.

Las estimativas de la heredabilidad al nivel de media de progenies ($\hat{h}_{mp}^2\%$) para los caracteres: altura de planta en las edades de 6, 24 y 36 meses fueron de 80, 94 y 96 respectivamente, para el diámetro a la altura del pecho fueron de 90, 90 y 94 respectivamente y para el volumen de madera de 84, 94 y 95% respectivamente,

revelando un alto control genético para la expresión de los caracteres y demostrando condiciones favorables para la selección de las características en estudio, siendo coherentes con los valores encontrados por otros autores (Mori et al., 1988; Lima et al., 2011).

Las estimaciones de la heredabilidad, tomando como base la media de familias fueron en general superiores a aquellos de dentro de familias ($\hat{h}_{ad}^2\%$), que está de acuerdo con los estudios con otras especies (Paula et al., 2002; Martins et al., 2005), indicando que la selección basada en la media de familias debe ser más eficiente que dentro de familias, considerando la misma intensidad de selección.

Martins et al. (2001), en sus estudios con *Eucalyptus grandis*, encontraron valores de heredabilidad media de progenies para ALT y DAP iguales a 68 y 69% respectivamente, ubicándose próximos de los encontrados en el presente experimento.

Zanata et al. (2010) estudiando *Eucalyptus pellita* encontraron valores para de 85% para ALT y 90% para DAP, valores superiores a los encontrados en este trabajo. En el presente trabajo, las heredabilidades fueron clasificadas de acuerdo con la interpretación de Resende (1995) que considera valores de heredabilidades de 1 a 15% bajas; 15 a 50% medianas y encima de 50% altas.

La precisión selectiva representa la relación entre el valor genético verdadero y el estimado, presentándose adecuados para todas las características estudiadas, variando de 88 a 97%. Eso indica buena precisión al acceso de la variación genética verdadera a partir de la variación fenotípica observada para el carácter (Resende y Duarte, 2007). Estos resultados están próximos a los obtenidos por Lima et al. (2011) estudiando 61 progenies de polinización controlada de *Eucalyptus*, en tres regiones edafoclimáticas en el estado de Minas Gerais, considerando la variable circunferencia a la altura del pecho (CAP, cm) a los 30 y 84 meses de edad ($r\hat{a}a$ 84 y 88 respectivamente).

La precisión superior a 50% ($r\hat{a}a$) está adecuada, de acuerdo con Resende (2007), demostrando buena precisión para la selección de genotipos. Este valor indica que cuanto mayor la precisión acuracia al momento de evaluar individuos o progenies, más será la confiabilidad de la evaluación y del valor predicho.

De acuerdo con Pires et al. (2011) la precisión depende también de la heredabilidad del carácter, de la cantidad y calidad de informaciones y procedimientos utilizados en la predicción de los valores genéticos. Como es una medida asociada a la calidad de selección, la precisión es el principal elemento del progreso genético, donde los mejoradores pueden alterar y optimizar mejoramiento genético.

El coeficiente de variación genética individual (CV_{gi} %), lógicamente, fue mayor que los de variación genética de progenies (CV_{gp} %) en todas las edades del presente trabajo CV_{gp} % explora apenas $\frac{1}{4}$ da variação aditiva). El CV_{gi} % vario de 21,3% a los 6 meses para la altura a 76% a los 24 meses de edad para el volumen y la misma tendencia fue encontrada para el CV_{gp} %. Los resultados muestran que existe alta variabilidad genética para VOL, bajo las condiciones experimentales en las que se realizó (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficientes de variación genética al nivel de individuos (CV_{gi} %) y de progenies (CV_{gp} %) y coeficiente de variación relativa (CV_r) para los caracteres de altura (ALT, m), diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) y volumen de madera en metros cúbicos (VOL, m³) considerando progenies de *Eucalyptus urophylla* a los 6, 24 y 36 meses de evaluación.

Table 3. Coefficients of genetic variation at the level of individuals (CV_{gi} %) and progenies CV_{gp} % and coefficient of variation CV_r relative to the characters height (H, m), diameter at breast height (DBH, cm) and volume of wood in cubic meters (VOL, m³) whereas progeny of *Eucalyptus urophylla* at 6, 24 and 36 months of evaluation.

Parámetros genéticos	6 meses	24 meses	36 meses
		ALT m	
CV_{gi} %	21,3	27,92	22,51
CV_{gp} %	10,6	13,95	11,25
CV_r	0,67	1,32	1,63

continua
to be continued

continuación – Tabla 3
 continuation – Table 3

Parámetros genéticos	6 meses	24 meses	36 meses
		DAP cm	
CV_{gl} %	26,5	30,8	27,6
CV_{gp} %	13,2	15,4	13,8
CV_r	1,00	1,02	1,30
		VOL m ³	
CV_{gl} %	56,0	76,0	70,0
CV_{gp} %	28,0	38,0	35,0
CV_r	0,76	1,26	1,44

El coeficiente de variación relativa (CV_r) presentó valores de moderados a altos en el ensayo, variando de 0,67 a 1,63. Según Vencovsky y Barriga (1992), tales valores son considerados altos. Los valores bajos de CV_r indican que el control genético del carácter es bajo y muy influenciado por el ambiente.

Para Vencovsky (1978) es recomendable que el presente valores próximos a 1.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre los caracteres DAP, ALT y VOL en el presente trabajo demostraron tener potencial para poder realizar la selección precoz (Tabla 4).

Tabla 4. Correlaciones fenotípicas r_f y genéticas r_g entre los caracteres diámetro a la altura del pecho (DAP, cm), altura de planta (ALT, m) y volumen de madera (VOL, m³) para el experimento a las edades de 6, 24 y 36 meses.

Table 4. Phenotypic correlations r_f and genetic r_g between the characters diameter at breast height (DBH, cm), plant height (H, m) and timber volume (VOL, m³) for the experiment to ages 6, 24 and 36 months.

Edad Meses	DAP x ALT		DAP x VOL		ALT x VOL	
	r_f (%)	r_g (%)	r_f (%)	r_g (%)	r_f (%)	r_g (%)
6	70	72	91	95	77	83
24	86	86	93	97	85	90
36	83	89	96	97	86	93

Considerando la correlación del carácter DAP con las variables ALT y VOL, las correlaciones genéticas y fenotípicas entre estos en las diferentes edades fueron altas para las condiciones experimentales. Ese resultado era esperado, debido a trabajos anteriores demostrando esa asociación genética en especies forestales con altos valores de correlación (Zimback et al., 2011; Moraes et al., 2014b).

Cuando las estimativas de las correlaciones fenotípicas y genéticas muestren valores positivos, altamente significativos y altos entre los caracteres DAP, ALT y VOL sugiere la posibilidad de

selección indirecta en un carácter por la selección directa en otro.

Las correlaciones fenotípicas variaron de 70%, entre DAP x ALT a los 6 meses de edad, a 96%, entre DAP x VOL a los 30 meses. La mejor correlación entre los caracteres fue para DAP x VOL a los 36 meses de edad.

Las correlaciones genéticas variaron de 72%, entre DAP x ALT a los 6 meses de edad, a 97% de DAP x VOL para las edades de 24 y 36 meses, presentándose como las mejores correlaciones entre los caracteres.

Las correlaciones genéticas en su mayoría fueron superiores que las fenotípicas (Tabla 4), siendo que el carácter más indicado para la selección fue el DAP, considerada la de mayor precisión y de más fácil medición. Zimback et al. (2011), estudiando progenies de polinización abierta de *Eucalyptus grandis* en varias regiones edafoclimáticas, encontraron correlaciones genéticas superiores a 81% de DAP, esperando buena respuesta correlacionada en la selección para VOL.

Según Vencovsky (1978), las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las variables altura de planta y diámetro a la altura del pecho, en especies forestales, son positivas y de elevada magnitud, demostrando que la selección artificial puede ser realizada en una de ellas, sin perjudicar la otra característica.

En la presente investigación el carácter DAP presentó correlación genética de 97% con el VOL a las edades de 24 y 36 meses. El carácter ALT, también puede ser utilizado para realizar selección con un menor peso en un índice de selección por presentar componentes genéticos intermediarios y correlaciones con volumen un poco menores.

4 CONCLUSIONES

Existen variaciones genéticas significativas entre las progenies de polinización abierta de *Eucalyptus urophylla* para las características silvoculturales, lo que indica el potencial de la población para el futuro del programa de mejoramiento;

El DAP fue altamente correlacionado con el VOL (97%), indicando que la selección puede ser realizada con base apenas en el DAP, disminuyendo costos y tiempo.

5 AGRADECIMIENTOS

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

BIBLIOGRAFÍA

BROOKER, M.I.H.; KLEINIG, D.A. **Field guide to *Eucalyptus***. 3. ed. Melbourne: Blooming, 2006. v. 1, 356 p.

DEL QUIQUI, E.M.; MARTINS, S.S.; SHIMIZU, J.Y. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* para o noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

ETTORI, L.C.; SATO, A.S. Testes de procedências de *Eucalyptus pseudoglobulus* e *Eucalyptus maidenii* em Itapeva, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 8, n. 2, p. 205-211, 1996.

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

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

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. São Paulo: Indústria Brasileira de Árvores, 2014. Disponível em: <http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2015.

LIMA, J.L. et al. Early selection of parents and trees in *Eucalyptus* full-sib progeny tests. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 1, p. 10-16, 2011.

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

MARTINS, I.S. et al. Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada, em progênies de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 16-24, 2005.

_____.; MARTINS, R.C.C.; CORREIA, H.S. Comparação entre seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferentes intensidades de seleção. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 36-43, 2001.

MORAES, C.B. et al. Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção de árvores de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p. 623-629, 2014a.

_____. et al. Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para região com ocorrência de geadas. **Scientia Florestalis**, v. 42, n. 102, p. 219-227, 2014b.

MORI, E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interações progênes x locais em *Eucalyptus urophylla*. **IPEF**, n. 39, p. 53-63, 1988.

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

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

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

PRYOR, L.D.; JOHNSON, L.A.S. **A classification of the *Eucalyptus***. Canberra: Australian National University, 1971. 101 p.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

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

_____. et al. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, v. 25, n. 1/2, p. 3-16, 1995.

ROCHA, M.D.B. et al. Avaliação genética de progênes de meio-irmãos de *Eucalyptus urophylla* utilizando os procedimentos REML/BLUP e E (QM). **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 369-379, 2006.

ROCHA, M.G.B. et al. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

ROLIM, G.S. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.) **Melhoramento do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p. 122-201.

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

ZANATA, M. et al. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção em teste de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus pellita*, em Batatais/SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 2, p. 233-242, 2010.

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

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 496 p.

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Tabebuia impetiginosa*
SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS¹**

**ANALYSIS OF THE INITIAL DEVELOPMENT OF *Tabebuia impetiginosa* SEEDLINGS
SUBMITTED TO DIFFERENT TYPES OF SUBSTRATES**

Thais Pollon ZANATTA^{2,4}; Edison Bisognin CANTARELLI³;
Daniele FONTANA²; Patricia BREZOLIN²; Carolina TRENTIN²;
Diandra DELLA FLORA²; Carla Janaina WERNER²

RESUMO – A produção de mudas de espécies florestais nativas encontra diversas dificuldades, entre as quais a maior está relacionada às diferentes combinações de substratos, pois influenciam no vigor, desenvolvimento e sanidade das mesmas. Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de *Tabebuia impetiginosa*, utilizando seis substratos facilmente encontrados nas propriedades rurais. O trabalho foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen – RS. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos, sendo eles 1) 45% de solo peneirado (SP) + 45% areia (A) + 10% de vermiculita (V); 2) 45% SP + 45% A + 10% V + 108 g de osmocote (OS); 3) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% composto orgânico de aves (COA); 4) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% composto orgânico de esterco bovino (COEB); 5) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% composto orgânico suíno (COS); 6) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% composto orgânico de champignon (COC), realizado em vasos, com seis repetições. As avaliações consistiram na mensuração da altura de planta – AP e o diâmetro do colo – DC. Para a variável AP e DC, os tratamentos com adição de “osmocote” apresentou o melhor resultado, não diferindo dos demais tratamentos. Os resultados evidenciam que a adição de compostos orgânicos preparados a partir do material disponível nas propriedades resulta em benefícios à qualidade das mudas, sendo uma alternativa rentável para pequenos produtores.

Palavras-chave: ipê-roxo; substrato orgânico; osmocote; produção de mudas.

¹Recebido para análise em 19.04.2016. Aceito para publicação em 08.08.2016.

²Acadêmica do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, s/n, BR 386 km 40, 98400-000 Frederico Westphalen, RS, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Florestal, *Campus* Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro, s/n, BR 386 km 40, 98400-000 Frederico Westphalen, RS, Brasil

⁴Autor para correspondência: Thais Pollon Zanatta – thais_2zanatta@hotmail.com

ABSTRACT – The production of seedlings of native forest species presents many difficulties, the largest of them is related to the different combinations of substrates, because they influence the vigor, development and sanity of the seedlings. Thus, the objective of this study was to evaluate the development of *Tabebuia impetiginosa* seedlings, using six substrates easily found on farms. The work was conducted at the Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen – RS. The design was completely randomized with six treatments, namely 1) 45% of sifted soil (SP) + 45% sand (A) + 10% vermiculite (V); 2) SP + 45% 45% A + 10% V + 108 g of osmocote (OS); 3) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% organic poultry compound (COA); 4) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% organic compost manure (BEOC); 5) 35% SP + 35% A + 10% V + 20% pig organic compound (COS); 6) SP 35% + 35% + 10% + 20% V champignon organic compound (COC), performed in pots, with six replicates. Evaluations consisted in the measurement of plant height – AP and stem diameter – DC. For the variable AP and DC, the treatments with the addition of “osmocote” showed the best result, not differing from other treatments. The results show that the addition of organic compounds prepared from the material available on the properties results in benefits to the quality of the seedlings being a cost effective alternative for small producers.

Keywords: ipê roxo; organic substrate; osmocote; seedling production.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Tabebuia impetiginosa*, pertence à família Bignoniaceae, vulgarmente conhecida como ipê-roxo, tem sua ocorrência em quase todo o território nacional, no Paraguai e na Argentina, entre outros países. No Rio Grande do Sul, é uma espécie característica da mata latifoliada do Alto Médio Uruguai, onde apresenta distribuição irregular e descontínua. Essa espécie é uma árvore caducifólia, comumente atinge entre 10 a 35 m de altura e 30 a 40 cm de diâmetro. O tronco é reto, cilíndrico e frequentemente tortuoso. As folhas são opostas digitadas, possui flores grandes, rosadas a lilás, tubulares, vistosas, reunidas em panícula terminal. O fruto é síliquo cilíndrico estreito, deiscente, com numerosas sementes, sendo sua dispersão anemocórica (Reitz et al., 1988; Carvalho, 1994).

Segundo Jankowsky et al. (1990), a madeira do gênero *Tabebuia* é considerada “madeira-de-lei”, muito resistente e uma das melhores da flora sul brasileira. Usada na construção civil e naval, além de possuir um acabamento fino e belo. Possui uso medicinal, sendo a casca utilizada como cicatrizante e contra inflamações, alergias, sarna e contra diabetes. Além dessas características,

no que se refere aos aspectos silviculturais, apresenta crescimento irregular, dominância apical não definida e bifurcações a várias alturas e próximas entre si. Após o corte, apresenta brotação e possui desrama natural deficiente, necessitando de podas frequentes de condução e dos galhos para aumentar sua altura comercial (Carvalho, 2003).

A produção de mudas de espécies florestais nativas encontra diversas dificuldades, podendo-se destacar o crescimento lento da maioria das espécies. Decorrente disso, muito tem sido pesquisado para favorecer a produção com qualidade, em menor espaço de tempo e em condições acessíveis aos pequenos e médios produtores rurais, sendo este o público mais interessado neste tipo de insumo (Cunha et al., 2005).

O ipê-roxo pode ser plantado: a) em pleno sol em plantio puro, com comportamento satisfatório quando plantado em solos férteis, porém com forma inadequada, b) em plantio misto, associado com espécies pioneiras e secundárias, visando melhoria na forma do fuste e c) em vegetação matricial arbórea, em faixas na vegetação secundária e plantado em linhas (Carvalho, 2003).

Não há conhecimento das exigências nutricionais da maioria das espécies nativas, apesar da existência de formulações de adubações, em que estas estão restritas à produção de mudas comerciais e a um número pequeno de silvicultores. Por isso, é de extrema importância o estudo de substratos alternativos e recipientes adequados, visando baratear os custos de produção e tornar o viveirismo atividade acessível a todos os produtores rurais, interessados em recompor suas áreas ou explorar alguma atividade silvicultural (Jesus, 1997; Sturion e Antunes, 2000). Devido às poucas opções no mercado, é crescente a busca dos produtores por substratos alternativos, proporcionando um mercado diferenciado e lucrativo (Evangelista et al., 2016). Entre os diversos materiais utilizados como substratos, é comum a recomendação de misturas a partir de solo (Vinadé et al., 2016) e outros componentes (Silva et al., 2008).

Para se obter mudas de qualidade, é necessária a utilização de técnicas adequadas de formação e, dentre os fatores importantes, destacam-se as propriedades do substrato, nível de nutrição e disponibilidade de água às mudas (Navroski et al., 2015). Deve ser uniforme em sua composição, ter baixa densidade, ser poroso, apresentar adequada capacidade de retenção de água, capacidade de troca de cátions – CTC, ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes de plantas daninhas.

Embora o equilíbrio nutricional seja a situação desejável, nem sempre é possível conciliar condições ideais com viabilidade econômica (Campinhos Junior e Ikemori, 1983; Gonçalves, 1995).

Materiais orgânicos têm sido utilizados para a formulação de substratos na produção de mudas, surgem como uma alternativa para diminuir os custos com a adubação química. Contudo, torna-se necessário determinar os substratos mais indicados para o desenvolvimento de cada espécie vegetal, visando ao fornecimento adequado de nutrientes (Guimarães et al., 2006). Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) utilizando seis substratos orgânicos de fácil acesso em propriedades rurais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no viveiro florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen – RS, e o experimento conduzido em vasos com volume de três litros, distribuídos aleatoriamente sob bancada. As condições de temperatura e umidade foram controladas pelo sistema de irrigação da estufa. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 unidades amostrais (Tabela 1).

Tabela 1. Composição dos substratos nos tratamentos.

Table 1. Substrate compositions in treatments.

Tratamentos	Composição
1	45% solo argiloso peneirado + 45% areia e 10% vermiculita
2	45% solo argiloso peneirado + 45% areia + 10% vermiculita + 108 g de osmocote
3	35% solo argiloso peneirado + 35% areia + 10% vermiculita + 20% de composto orgânico de aves
4	35% solo argiloso peneirado + 35% areia + 10% vermiculita + 20% de composto orgânico de esterco bovino
5	35% solo argiloso peneirado + 35% areia + 10% vermiculita + 20% de composto orgânico de esterco suíno
6	35% solo argiloso peneirado + 35% areia + 10% vermiculita + 20% de composto orgânico para champignon

Após a mistura dos componentes de cada tratamento, os substratos foram acondicionados em vasos plásticos e procedido o transplante de mudas de ipê-roxo (com 90 dias após sementeira), em abril de 2014. No dia do transplante, realizou-se a mensuração de suas características físicas (altura e diâmetro de colo), e avaliou-se o incremento de seu crescimento até 150 dias após transplante.

As avaliações realizadas consistiram na mensuração da altura de planta (cm), com o auxílio de uma régua desde o colo da planta até a última gema apical do ramo principal, e o diâmetro do colmo (mm), com o auxílio de um paquímetro digital. Para a obtenção da massa seca das mudas, separou-se a parte aérea das raízes, sendo colocadas em sacos de papel e secas em estufa à 72 °C até atingir peso constante, em seguida foram pesadas em balança de precisão.

As médias referentes à massa seca das plantas foram apresentadas em gramas tratamento⁻¹.

Para as variáveis altura de planta e diâmetro do colo, os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, testando a interação pelo teste F (5%) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à massa seca das plantas de ipê-roxo apresentaram diferenças entre os tratamentos submetidos, sendo que o tratamento 2 apresentou superioridade em ambas as variáveis analisadas (parte aérea e sistema radicular). O tratamento 1, que continha apenas solo, areia e vermiculita apresentou os menores valores de massa seca. Os demais tratamentos (3, 4, 5 e 6) acrescidos de material orgânico mostraram-se semelhantes nas características avaliadas (Figura 1).

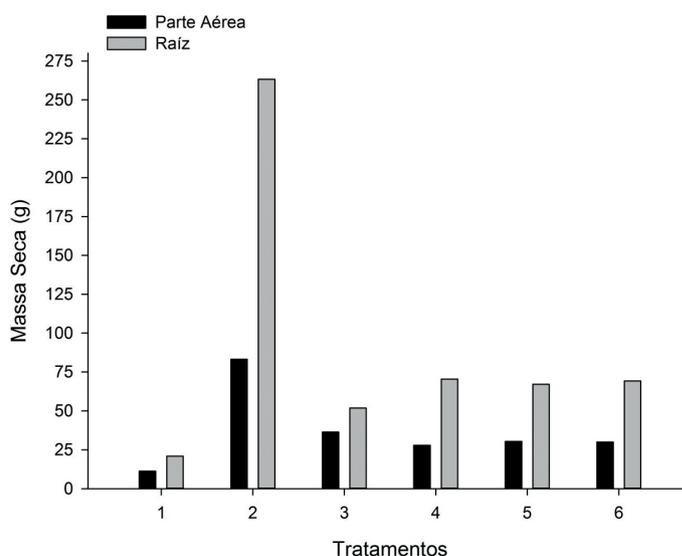


Figura 1. Massa seca de parte aérea e raiz de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) após 150 dias do transplante, nos diferentes tipos de tratamento. (Ver composição dos substratos na Tabela 1).

Figure 1. Dry mass of aerial part and root of ipê-roxo seedlings (*Tabebuia impetiginosa*) after 150 days of transplant in different types of treatment. (See the composition of the substrates in Table 1).

O “osmocote” (Tratamento 2) é um substrato orgânico que possui em sua formulação adições de nitrogênio, fósforo e potássio na concentração 14-14-14, possui liberação lenta de nutrientes, devido a uma membrana orgânica presente no entorno dos grânulos (Wilsen Neto e Botrel, 2009). A umidade e a

temperatura elevada acarretam maior liberação dos nutrientes (Sgarbi et al., 1999), e considerando que durante os cinco meses transcorridos do transplante até a avaliação final tenham ocorrido temperaturas elevadas altas e umidade controlada, justifica-se a melhor resposta do tratamento com a presença do “osmocote”.

A adição de esterco bovino ao substrato favorece o aumento da matéria seca das raízes de plantas, conforme verificado para a espécie *Hancornia speciosa* (Silva et al., 2009), e o aumento da matéria seca da parte aérea, como observado para a espécie *Cassia grandis* (Carvalho Filho, 2002).

Para a variável altura de planta, foi possível observar que o tratamento 2 apresentou os maiores valores, destacando-se dos demais, e não diferiu estatisticamente dos tratamentos 3, 5 e 6. O menor valor de altura foi verificado para o tratamento 1, que não continha material orgânico na sua composição (Tabela 2).

Tabela 2. Incremento de altura (cm) e diâmetro do colo (cm) de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), submetidas a diferentes tipos de substratos. (Ver composição dos substratos na Tabela 1).

Table 2. Height increment (cm) and stem diameter (cm) of ipê-roxo seedlings (*Tabebuia impetiginosa*) submitted to different types of substrates. (See substrates composition in Table 1).

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
1	8,12 c	3,65 b
2	49,95 a	8,48 a
3	42,25 ab	8,68 a
4	26,40 bc	8,09 a
5	34,83 ab	6,28 ab
6	29,46 abc	8,18 a
CV (%)	19,91	13,91

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey test at 5% probability.

A adição de “osmocote” proporcionou aumento no desenvolvimento de *Schinus terebinthifolius*, evidenciando acréscimo na altura das plantas (Caldeira et al., 2008). Plantas de *Hymenaea courbaril*, produzidas em substrato de solo + areia + esterco, apresentaram maiores médias de altura de planta do que as cultivadas em solo + areia (Carvalho Filho et al., 2003). Contudo, mudas de uvaia, produzidas em latossolo + areia + cama de frango, apresentaram maior comprimento de parte aérea, número de folhas e área foliar (Scalon e Jeromine, 2013), corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Sugere-se que os resultados obtidos neste trabalho foram influenciados pela presença de “osmocote” e esterco na formulação do substrato, pois o esterco apresenta rápida mineralização. Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha et al. (2005) com mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), quando utilizaram esterco bovino e de aves.

Alguns autores têm comprovado que a adição de composto orgânico aos substratos utilizados para produção de mudas resulta em benefícios. Segundo Correia et al. (2001), o esterco é um componente orgânico que, juntamente com outros, melhora as condições físicas do substrato, como aeração e drenagem, além de ser rico em nutrientes, que são rapidamente liberados para as plantas. Gomes et al. (2002) afirmam que a altura de planta apresenta boa variável para avaliação da qualidade de mudas, sendo estas características fáceis e viáveis de mensuração, além de não serem destrutíveis para as mudas.

O maior crescimento em diâmetro do colo foi observado no tratamento 3 com esterco de aves, porém este não diferiu estatisticamente dos tratamentos 2, 4, 5 e 6, mas foi superior ao tratamento 1, que consistia em substrato não acrescido de material orgânico (Tabela 1).

Plantas de *Amburana cearenses* apresentaram o diâmetro do caule mais elevado quando submetido a tratamentos contendo matéria orgânica na forma de esterco, porém não obtiveram maiores teores de matéria seca (Queiroz et al., 2012). Contudo, para algumas espécies arbóreas, o substrato orgânico não é o mais indicado por não influenciar significativamente no acúmulo de matéria seca (Angelin, 2007). Ainda segundo Souza et al. (2006) e Carneiro (1995), o diâmetro do caule é item fundamental para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento pós-plantio de mudas de espécies florestais, em que, dentro de uma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, por apresentarem capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

Substratos compostos por solo + esterco bovino apresentaram melhores respostas para o desenvolvimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* (Rogrigues, 2011). A adição de esterco bovino ao substrato também se mostrou satisfatória para o incremento do diâmetro do colo de plantas em trabalho realizado por Melo Junior (2013), e no realizado por Cunha et al. (2005) com mudas de ipê-roxo (*Tabebuia xiquexique*), alcançando diâmetro de 3,9 cm.

4 CONCLUSÃO

Para a variável altura de planta, o tratamento com a adição de osmocote apresentou os melhores resultados.

Para o diâmetro de colo, o tratamento com esterco de aves proporcionou os melhores resultados.

Os resultados evidenciam ainda que a adição de compostos orgânicos, de baixo custo, preparados a partir do material disponível nas propriedades rurais, resultam em benefícios à qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* e, conseqüentemente, numa alternativa rentável para pequenos produtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELIM, A.E.S. et al. Germinação e aspectos morfológicos de plantas de umburana de cheiro (*Amburana cearensis*) encontradas na região do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 1062-1064, 2007.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

CAMPINHOS JÚNIOR, E.; IKEMORI, Y.K. Introdução de novas técnicas na produção de mudas de essências florestais. **Silvicultura**, v. 8, n. 28, p. 226, 1983.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

_____. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1.

CARVALHO FILHO, J.L. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p. 341-352, 2002.

_____. et al. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composição desubstratos. **Revista Ceres**, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

CORREIA, D.; CAVALCANTI JÚNIOR, A.T.; COSTA, A.M.G. **Alternativas de substratos para a formação de portaenxertos de gravioleira (*Annona muricata*) em tubetes**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 3 p. (Comunicado Técnico, 67).

CUNHA, A.O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

EVANGELISTA, A.W.P. et al. Seedling production of *Jatropha curcas* in substrates fertilized with lithothamnium. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 1, p. 132-139, 2016.

GOMES, J.M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 515-523, 2002.

GONÇALVES, J.L.M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica.** Piracicaba: ESALQ, 1995. 15 p. (Documentos florestais, 23).

GUIMARÃES, M.M.B. et al. Produção de muda de mamoneira em substrato contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizantes minerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju.. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 2006. v. 2.

JANKOWSKY, I.P. et al. **Madeiras brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v. 1, p. 172.

JESUS, B.M. **Morfologia de sementes, germinação e desenvolvimento de mudas de angico de bezerro (*Piptadenia obliqua* (Pers.) Macbr.).** 1997. 81 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

MELO JUNIOR, C.J.A.H. de. **Efeito do esterco bovino na composição de substrato para produção de mudas de três espécies florestais da Mata Atlântica.** 2013. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

NAVROSKI, M. et al. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

QUEIROZ, J.E. et al. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento inicial do cumaru (*Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith). **Revista Verde**, v. 7, n. 1, p. 45-49, 2012.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1988. 524 p.

RODRIGUES, R.D. **Crescimento e qualidade de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) em diferentes substratos.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Patos.

SCALON, S.P.Q.; JEROMINE, T.S. Substratos e níveis de água no potencial germinativo de sementes de uvaia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 49-58, 2013.

SGARBI, F. et al. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 2., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF; ESALQ, 1999. p. 120-125.

SILVA, E.A. et al. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Semina: Ciência Agrárias**, v. 29, p. 245-254, 2008.

_____. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 925-929, 2009.

SOUZA, C.A.M. et al. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

STURION, J.A.; ANTUNES, B.M.A. **Produção de mudas de espécies florestais.** In: GALVÃO, A.P.M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2000. p. 125-150.

VINADÉ, C.E.R. et al. Avaliação do desenvolvimento de mudas de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) em diferentes composições de substratos. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8., 2016. **Anais...** Bagé: Universidade Federal do Pampa, 2016.

WILSEN NETO, A.; BOTREL, M.C.G. Doses de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de *Pinus*. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 65-72, 2009.

**FUNÇÕES DE DENSIDADE PROBABILÍSTICA PARA PREDIÇÃO
DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM PLANTIOS DE EUCALIPTO
EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO¹**

**PROBABILITY DENSITY FUNCTIONS FOR PREDICTION
OF DIAMETER DISTRIBUTION IN EUCALYPTUS PLANTATIONS
IN SPACING FUNCTION**

Thomas SCHRODER²; Anna Paula Lora ZIMMERMANN^{2,3};
Frederico Dimas FLEIG²; Victor Carlos DOMINGOS NETO²

RESUMO – Buscando uma alternativa para preencher a lacuna existente entre variáveis de povoamentos e variáveis de árvore individuais para estimação de diferentes sortimentos de madeira, foram medidos plantios de *Eucalyptus dunnii* Maiden em São Francisco de Assis, RS. Quatro diferentes espaçamentos foram analisados e verificado o ajuste das funções de distribuição de probabilidade Normal, Log-Normal, Gama e Weibull (dois parâmetros). Os espaçamentos medidos foram: 0,87 m x 1,75 m; 1,75 m x 1,75 m; 1,75 m x 3,5 m e 3,5 m x 3,5 m. As funções foram avaliadas pelo coeficiente de aderência de Kolmogorov-Smirnov e pela soma dos escores. Os coeficientes foram ajustados em função do espaçamento inicial e avaliados pelo coeficiente de determinação ajustado. A função que melhor explicou a distribuição diamétrica dos dados foi a Log-Normal. Esta apresentou bom ajuste para os seus coeficientes, e de forma simples, com a utilização de apenas uma variável, facilmente determinada a campo.

Palavras-chave: predição da produção; *Eucalyptus dunnii*; Weibull; sortimentos de madeira.

ABSTRACT – Seeking an alternative to fill the gap between stands variables and individual tree variables for prediction of the wood assortments, *Eucalyptus dunnii* Maiden plantations in São Francisco de Assis, RS, Brazil was measured. Four different spacings were analyzed and the adjusting the probability distribution functions Normal, Log Normal, Gamma, and Weibull (two parameters) were verified. The spacing measured were 0.87 m x 1.75 m; 1.75 m x 1.75 m; 1.75 m x 3.5 m and 3.5 x 3.5 m. The functions were evaluated by Kolmogorov-Smirnov adherence test and by the sum of scores. The coefficient were adjusted by initial spacing and evaluated by adjusted coefficient determination. The function with better adjusting was Log-Normal. The function that best explains the diameter distribution of the data was Log-Normal. This presented a good fit for its coefficients, and in a simple way, with the use of only one variable, easily determined in the field.

Keywords: prediction of production; *Eucalyptus dunnii*; Weibull; wood assortment.

¹Recebido para análise em 03.05.2016. Aceito para publicação em 06.09.2016.

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, 97195-000, Santa Maria, RS, Brasil.

³Autor para correspondência: Anna Paula Lora Zimmermann – zimmermann-a@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus dunnii* Maiden é uma espécie com capacidade de resistência à geadas, sendo bastante utilizada em plantios em locais de grande altitude e latitude. Sua madeira possui características semelhantes ao *E. grandis*, de boa estabilidade dimensional e outras características desejáveis comercialmente (Severo, 2009).

A predição da produção florestal em termos volumétricos é o que permite a avaliação da viabilidade e rentabilidade de projetos florestais. No caso de povoamentos manejados em densidade completa, para fins de biomassa para energia, apenas o volume comercial total a ser produzido deve ser predito, pois a utilização da madeira produzida é relativamente pouco criteriosa. No entanto, em florestas manejadas para produção de múltiplos produtos, uma variedade de diâmetros e comprimentos de toras deve ser levada em consideração de acordo com a dimensão desejada do produto final, como, por exemplo, energia, celulose, escora e serraria, entre outros.

A maioria dos modelos de predição florestal baseia-se em variáveis relacionadas ao povoamento, como área basal e altura dominante. Os diferentes sortimentos de madeira produzidos são estimados através de funções de afilamento, que se baseiam no diâmetro e altura da árvore individual. Essa lacuna entre variáveis de povoamento e variáveis de árvores individuais é preenchida por funções de predição de distribuição diamétrica.

Diversas funções de densidade probabilística podem ser utilizadas para predição da distribuição diamétrica, sendo estas: Normal, Log-Normal, Gama, Johnson's SB,

Gram-Charlier, Beta e Weibull (Bailey e Dell, 1973; Hafley e Schreuder, 1977; Cunha Neto et al., 1994; Maltamo et al., 1995; Barra et al., 2005; Palahí et al., 2007; Abbasi et al., 2008).

Existem, essencialmente, quatro métodos para o ajuste funções de densidade probabilística: maximizando o ajuste, maximizando a verossimilhança, combinando os momentos das distribuições ou combinando os quantis (Klugman et al., 2012). No entanto, o método mais utilizado corresponde ao de máxima verossimilhança (Leite et al., 2013).

O objetivo desta pesquisa foi verificar o comportamento das funções de distribuição probabilística Normal, Log-Normal, Gama e Weibull em função de diferentes espaçamentos em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área localizada no município de São Francisco de Assis, RS, Brasil (29°39'09,21"S e 55°10'45,10"O). O clima da região foi classificado, conforme Köppen, como Cfa, com temperatura média anual de 18 °C e precipitação média anual em torno de 1.570 mm (Moreno, 1961). O solo é classificado de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006) como Argissolo Vermelho Distrófico.

Nesse local, foram mensurados quatro povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, distintos entre si pelo espaçamento inicial de plantio (Tabela 1). Os dados foram obtidos quatro anos após a implantação do experimento, totalizando uma área amostrada de 1,96 hectares.

Tabela 1. Descrição dos plantios de *E. dunnii*, São Francisco de Assis – RS.

Table 1. Description of *E. dunnii* plantations, São Francisco de Assis – RS.

Tratamento	Nº de árvores amostradas	Espaçamento (m)	Espaço Vital (m ²)
T1	41	0,87 x 1,75	1,53
T2	58	1,75 x 1,75	3,06
T3	61	1,75 x 3,5	6,13
T4	70	3,5 x 3,5	12,25

Foram testadas as funções Normal, Log-Normal, Gama e Weibull de dois parâmetros, para cada densidade de plantio. O ajuste das funções foi avaliado através da média dos espaçamentos, pelo coeficiente de aderência de Kolmogorov-Smirnov para cada uma das funções (Binoti et al, 2013). A escolha da melhor função foi feita através da soma dos escores.

Posteriormente, foram ajustadas todas as funções para cada uma das repetições do experimento. Os coeficientes obtidos foram reestimados em função do espaçamento inicial em suas formas aritmética, quadrática, raiz, logaritmo natural e inversa. O modelo foi desenvolvido através do procedimento *stepwise* e, seu ajuste foi avaliado em função do coeficiente de determinação ajustado.

Os procedimentos estatísticos foram realizados com o software R (R Core Team, 2013) através do pacote *fitdistrplus* (Delignette-Muller et al., 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As funções de densidade probabilística mostraram comportamentos distintos de ajuste nos diferentes espaçamentos iniciais (Tabela 2). Todos os ajustes foram significativos à probabilidade de 5%. A função Log-Normal apresentou o melhor ajuste médio entre os diferentes espaçamentos, sendo seguida pela função Normal, que apresentou menor variação de ajuste.

Tabela 2. Valor do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov para o ajuste das funções de densidade probabilística avaliadas em diferentes espaçamentos de *E. dunnii*, em São Francisco de Assis – RS.

Table 2. Value of Kolmogorov-Smirnov adhesion test for the adjustment of the probabilistic density functions evaluated in different spacing of *E. dunnii*, São Francisco de Assis – RS.

Tratamento	Função			
	Weibull	Gama	Normal	Log-Normal
T1	0,1457	0,1145	0,0754	0,0543
T2	0,0590	0,0689	0,0832	0,0895
T3	0,1130	0,0929	0,0615	0,0444
T4	0,0685	0,0673	0,0582	0,0521
Média	0,0965	0,0859	0,0696	0,0601
Desvio Padrão	0,0403	0,0224	0,0118	0,0201

A função de Weibull, conhecida na literatura pela sua flexibilidade (Cañadas et al., 2002; Pretzsch, 2010), apresentou o menor ajuste médio e a maior variação entre as densidades de plantio, além do pior resultado para o espaçamento mais adensado. Isso pode ser explicado devido ao fato de esse teste ser sensível ao número de diâmetros utilizados (Teo et al., 2011).

A soma dos escores do teste de aderência mostrou que a função que mais se adaptou à distribuição diamétrica foi função Log-Normal, seguida pela Normal (Tabela 3). No entanto, no tratamento 2 (espaço vital 3,06)

o comportamento do ajuste das funções diferiu do padrão observado nos demais tratamentos. Nesse tratamento e no tratamento 4 (espaço vital 12.25), as diferenças no ajuste foram menores, demonstrando que essas distribuições diamétricas apresentam comportamento intermediário entre as distribuições teóricas das funções de densidade probabilística.

Observa-se, na Figura 1, a tendência natural de maior frequência de diâmetros pequenos em espaçamentos mais adensados e maiores diâmetros médios em espaçamentos mais amplos. Além disso, é possível observar a curtose negativa da distribuição dos dados.

Tabela 3. Escores do ajuste das funções de densidade probabilística para diferentes tratamentos de espaçamento de *E. dunnii* realizados em São Francisco de Assis – RS.

Table 3. Scores of the adjustment of the probabilistic density functions for different spacing treatments of *E. dunnii* performed in São Francisco de Assis – RS.

Tratamento	Função de Distribuição de Probabilidade			
	Weibull	Gama	Normal	Log-Normal
T1	4	3	2	1
T2	1	2	3	4
T3	4	3	2	1
T4	4	3	2	1
Soma	13	11	9	7

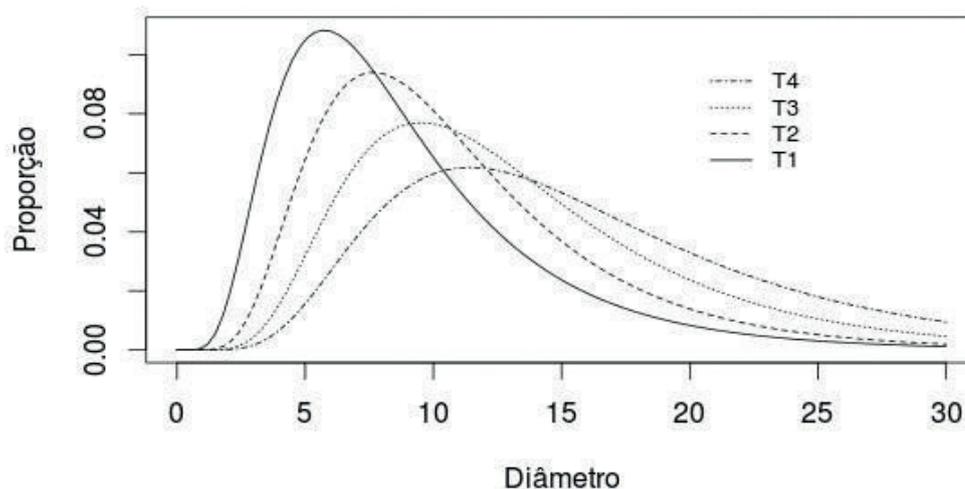


Figura 1. Distribuições diamétricas ajustadas pela função de densidade probabilística Log-Normal para diferentes densidades de plantio de *E. dunnii*, em São Francisco de Assis – RS.

Figure 1. Diameter distributions adjusted by lognormal probability density function for different planting densities of *E. dunnii*, in São Francisco de Assis – RS.

Os modelos desenvolvidos para predição dos coeficientes das diferentes funções de densidade probabilística mostraram ajustes bastante distintos (Tabela 4). De forma geral, as melhores estimativas de coeficientes foram alcançadas quando a distribuição Normal foi utilizada. A função de Weibull apresentou resultados intermediários e as demais não apresentaram ajustes desejáveis.

Existe, na literatura, um esforço no sentido da predição dos coeficientes para predição da distribuição diamétrica (Cao, 2004;

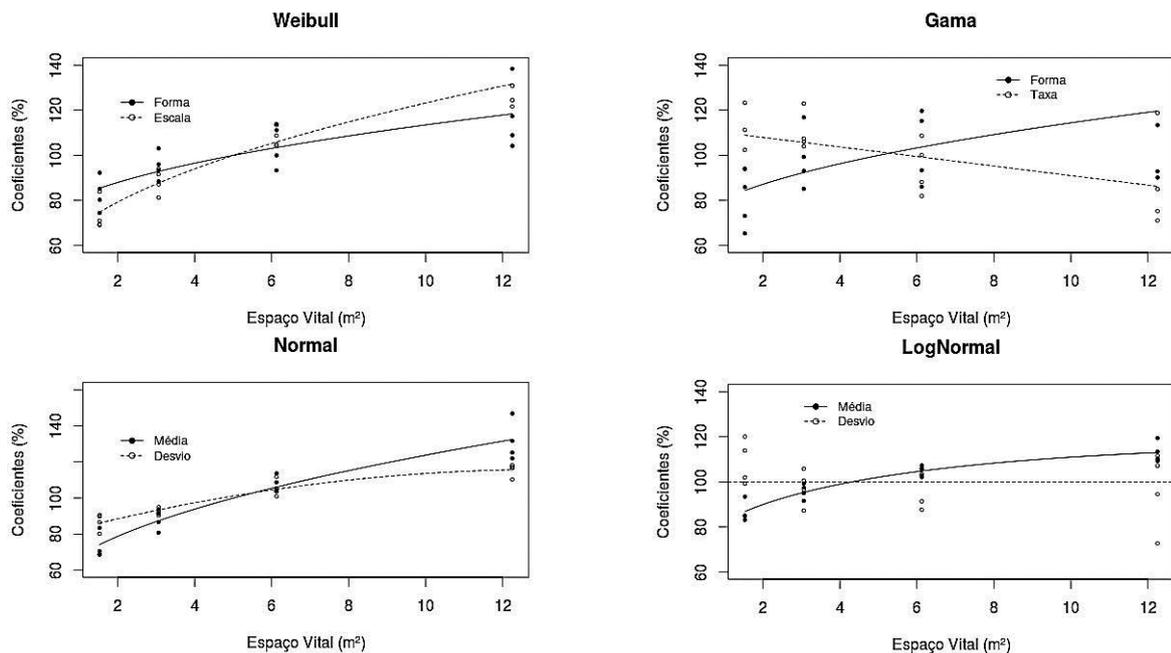
Leite et al., 2006; Schneider, 2012). No entanto, é focado somente na função de densidade de probabilidade de Weibull. Os resultados aqui encontrados demonstram que outras funções são capazes de estimar a distribuição diamétrica com ajustes semelhantes e inclusive melhores que a função de Weibull (Schneider, 2012). Além disso, a estimativa dos coeficientes, neste caso, pode ser feita de forma simples, em função apenas do espaço inicial disponível para cada árvore (Figura 2).

Tabela 4. Funções de densidade probabilística ajustada e reestimada para distribuição diamétrica de *E. dunnii* em diferentes densidades de plantio, São Francisco de Assis – RS.Table 4. Probability density functions adjusted and estimated for diametric distribution of *E. dunnii* in different planting densities, São Francisco de Assis – RS.

Distribuição	Coefficiente	Modelo	R ² _{aj.}
Weibull	Forma	$1,76974 + 0,38402 * \sqrt{Esp}$	0,6291
	Escala	$6,0757 + 3,4982 * \sqrt{Esp}$	0,9119
Gama	Forma	$3,2737 + 0,7851 * \sqrt{Esp}$	0,2362
	Taxa	$0,462189 - 0,008724 * Esp$	0,2594
Normal	Média	$5,2298 + 3,1879 * \sqrt{Esp}$	0,9098
	Desvio Padrão	$3,958186 + 0,292139 * Esp + 0,011032 * Esp^2$	0,9024
Log-Normal	Log – Média	$1,42813 + 0,60174 * \sqrt{Esp} - 0,06884 * Esp$	0,8810
	Log – Desvio Padrão	0,49464	0

Em que: Esp = espaço vital por árvore expresso em metros quadrados.

In which: Esp = vital space per tree in square metres.

Figura 2. Valores observados e ajustados das funções de densidade probabilística ajustadas para diferentes densidades de plantio de *E. dunnii*, São Francisco de Assis – RS.Figure 2. Observed and adjusted values of probability density functions for different planting densities of *E. dunnii*, São Francisco de Assis – RS.

4 CONCLUSÃO

A distribuição Log-Normal, apesar de possuir melhor aderência, não apresentou ajuste significativo de um dos seus coeficientes. Dessa forma, no presente estudo, a distribuição normal foi a que melhor se adaptou à estimativa da distribuição diamétrica, visto que apresentou boa aderência pelo teste Kolmogorov-Smirnov e que foi possível encontrar um bom ajuste para os seus coeficientes utilizando-se apenas as variáveis de espaçamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, B.; RABELO, L.; HOSSEIN KOUGHACK, M. Estimating parameters of the three-parameter Weibull distribution using a neural network. **European Journal of Industrial Engineering**, v. 2, n. 4, p. 428-445, 2008.

BAILEY, R.L.; DELL, T.R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, n. 2, p. 97-104, 1973.

BARRA, O.S.V. et al. Proposta metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Floresta**, v. 34, n. 3, p. 387-393, 2005.

BINOTI, D.H.B.; BINOTI, M.L.M.D.S.; LEITE, H.G. Utilização da função pearson tipo V, Weibull e hiperbólica para modelagem da distribuição de diâmetros. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 279-286, jul./set. 2013.

CAÑADAS, N.; MONTERO GONZÁLEZ, G.; GARCÍA GÜEMES, C. Modelización de la distribución diamétrica de lãs masas de “Pinus pinea” L. de Valladolid (Espana) mediante la función Weibull. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 11, n. 2, p. 263-282, 2002.

CAO, Q.V. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. **Forest Science**, v. 50, n. 5, p. 682-685, 2004.

CUNHA NETO, F. da C. et al. Modelo para predição da produção por classe de diâmetro para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 108-122, 1994.

DELIGNETTE-MULLER, M.L. et al. **Fitdistrplus**: help to fit of a parametric distribution to non-censored or censored data. R package version 0.1-3, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. p. 306.

HAFLEY, W.L.; SCHREUDER, H.T. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 7, n. 3, p. 481-487, 1977.

KLUGMAN, S.A.; PANJER, H.H.; WILLMOT, G.E. **Loss models: from data to decisions**. 4th ed. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2012. 536 p.

LEITE, H.; NOGUEIRA, G.; MOREIRA, A. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.

_____. et al. Comparação entre predição e projeção da distribuição de diâmetros de povoamentos de eucalipto submetidos a desbastes. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 321-328, 2013.

MALTAMO, M.; PUUMALAINEN, J.; PÄIVINEN, R. Comparison of beta and Weibull functions for modelling basal area diameter distribution in stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 10, n. 1-4, p. 284-295, 1995.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. p. 42.

SCHRODER, T. et al. Distribuição diamétrica de eucalipto por funções FDPs.

PALAHÍ, M. et al. Comparison of beta, Johnson's SB, Weibull and truncated Weibull functions for modeling the diameter distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain). **European Journal of Forest Research**, v. 126, n. 4, p. 563-571, 2007.

PRETZSCH, H. **Forest dynamics, growth, and yield**. Berlin: Springer, 2010. p. 671.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing** [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

SCHNEIDER, P.S.P. **Estrutura bioeconômica da produção no manejo da densidade de *Pinus taeda* L. na região do Planalto Catarinense, Brasil**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SEVERO, E. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, v. 10, p. 109-124, 2009.

TEO, S.J. et al. Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda*, na região de Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 183-192, 2011.

**EPÍFITAS VASCULARES DO
PARQUE ESTADUAL DE PORTO FERREIRA, SÃO PAULO, BRASIL¹**

**VASCULAR EPIPHYTES FROM
PORTO FERREIRA STATE PARK, SÃO PAULO, BRAZIL**

Gabriel Mendes MARCUSO^{2, 5}; Ernesto Pedro DICKFELDT³;
José Eduardo de Arruda BERTONI⁴; Reinaldo MONTEIRO²

RESUMO – O Parque Estadual de Porto Ferreira – PEPF já foi alvo de diversos estudos florísticos, contudo, nenhum deles inventariou exclusivamente a flora epifítica vascular. Neste estudo realizamos o levantamento florístico das epífitas vasculares nos diferentes tipos de vegetação desta Unidade de Conservação e comparamos a similaridade florística com outras localidades do interior do Estado de São Paulo, em Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão e florestas ribeirinhas. Na área, foram inventariadas as epífitas vasculares nos três tipos de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial – FESA, Floresta Estacional Semidecidual – FES e Cerradão – CER, através de observações e coletas durante o período de um ano. Foram registradas 66 espécies, 32 gêneros e oito famílias, sendo a FESA (46 espécies) o tipo de vegetação que apresentou a maior riqueza, seguido da FES (44) e CER (18). Orchidaceae foi a família mais rica na FESA e FES, enquanto no CER foi Bromeliaceae. A categoria ecológica mais abundante em ambas as áreas foi a das holoepífitas obrigatórias. As comparações da similaridade demonstraram que o CER do PEPF tem maior similaridade florística com o CER de Luís Antônio, situada na mesma bacia hidrográfica, enquanto as áreas de CER a oeste formaram outro grupo, e a FESA e FES demonstraram ter maior similaridade com as florestas de Botucatu. O presente estudo registrou um incremento de 42 espécies de epífitas vasculares para o PEPF, demonstrando a importância de inventários direcionados a determinados hábitos.

Palavras-chave: ecótono; Floresta Atlântica; Cerrado; florestas sazonais; fitogeografia.

ABSTRACT – In Porto Ferreira State Park – PEPF some floristic studies were carried out, although none of them aimed exclusively to the vascular epiphytes. In this study, we carried out the floristic survey of vascular epiphytes in three vegetational types of the PFSP: Seasonal Semideciduous Alluvial Forest – FESA, Seasonal Semideciduous Forest – FES and “Cerradão” – CE, during one year. We compared the floristic similarities with five others studies in São Paulo state conducted in Seasonal Semideciduous Forest, Cerradão and riparian forest. We recorded 66 species, 32 genera and eight families. FESA was the richest vegetational type (46 species), followed by the FES (44) and CER (18). Orchidaceae was the richest family in FESA and FES, in the CER it was Bromeliaceae. The most abundant ecological category in both areas was the obligate holoepiphytes. The CER of PEPF was more similar with CER of Luís Antônio area, located in the same hydrographic basin, while the west CER formed another group; and the FESA and FES of PEPF grouped with the Botucatu forests. Although, presented an expected richness for those vegetational types, this study recorded an increase of 42 species of vascular epiphytes for the PFSP.

Keywords: ecotone; Atlantic Rainforest; Cerrado; seasonal forest; phytogeography.

¹Recebido para análise em 05.04.2016. Aceito para publicação em 21.11.2016.

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Av. 24A, 13506-000, Rio Claro, SP, Brasil.

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

⁴Instituto Agrônomo de Campinas, Divisão de Horticultura, Seção de Floricultura e Plantas Ornamentais, Rua Barão de Itapura 1481, 3020-902, Campinas, SP, Brasil.

⁵Autor para correspondência: Gabriel Mendes Marcusso – gabrielmarcusso@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo situa-se entre dois domínios fitogeográficos, a Floresta Atlântica e o Cerrado (Fiaschi e Pirani, 2009) e, conseqüentemente, possui diversos tipos de vegetação, desde formações florestais às campestres (Kronka et al., 2005). No interior do estado, os tipos florestais mais comumente encontrados são a Floresta Estacional Semidecidual e o Cerradão, correspondendo, respectivamente, aos domínios da Floresta Atlântica e do Cerrado (Oliveira-Filho e Fontes, 2000; Durigan et al., 2007).

Fatores climáticos, como temperatura e, sobretudo, a umidade, estão entre os principais responsáveis pela distribuição das epífitas vasculares (Gentry e Dodson, 1987; Laube e Zotz, 2003; Leitman et al., 2015). Assim, essa sinúsia é tradicionalmente mais associada às florestas ombrófilas; por outro lado, em florestas com clima sazonal sua ocorrência é considerada inexpressiva (Gentry e Dodson, 1987; Kersten, 2010; Leitman et al., 2015; Menini Neto et al., 2016), devido à limitação hídrica que essa vegetação está sujeita, sobretudo no inverno, período em que pode ocorrer até seis meses de estiagem (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2012).

Mesmo com o crescente número de estudos florísticos nas florestas com clima sazonal no Brasil (e.g., Borgo et al., 2002; Breier, 2005; Menini Neto et al., 2009; Bonnet et al., 2011; Bathagin, 2013; Joanitti, 2013; Barbosa et al., 2015), ainda pode ser considerado incipiente o conhecimento sobre as epífitas vasculares nessas formações, sobretudo nas regiões ecotonais entre o Cerrado e a Floresta Atlântica, como é o caso do interior de São Paulo. Os poucos levantamentos de epífitas no Cerrado (Breier, 2005; Bataghin et al., 2012; Bataghin, 2013; Joanitti, 2013) confirmaram a tendência esperada, com o Cerradão apresentando menor riqueza do que a Floresta Estacional Semidecidual, e ambas as formações, menor riqueza que a Floresta Ombrófila Densa. Também foram registradas variações na riqueza em pequena escala, entre vegetações contíguas, com as florestas ripárias, mais úmidas, apresentando epifitismo mais representativo que as florestas dos interflúvios (Joanitti, 2013; Marcusso e Monteiro, 2016).

O Parque Estadual de Porto Ferreira já foi objeto de diversos estudos florísticos e fitossociológicos (Bertoni e Martins, 1987; Bertoni et al., 2001; Colli et al., 2003; Oliveira, 2012; Osaco, 2012; Sabino, 2013), contudo, nenhum deles teve como objetivo inventariar a flora epifítica. Os únicos que incluíram epífitas na amostragem foram Oliveira (2012), que realizou um inventário geral da flora vascular não arbórea, e Colli et al. (2003), que fizeram um inventário das samambaias e licófitas.

O presente estudo teve como objetivos: (a) realizar o inventário florístico das epífitas vasculares do Parque Estadual de Porto Ferreira, (b) analisar a distribuição das espécies entre os diferentes tipos de vegetação dessa Unidade de Conservação e (c) comparar as similaridades florísticas com outras áreas de floresta e Cerradão do Estado de São Paulo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O Parque Estadual de Porto Ferreira – PEPF situa-se no município de Porto Ferreira, Estado de São Paulo, Brasil, localiza-se entre as coordenadas geográficas 21°49'S e 47°25'W, em altitudes de 540 m a 608 m de altitude e possui uma área de 611,55 hectares (São Paulo, 2003). Situa-se na região geomorfológica da Depressão Periférica (Rossi et al., 2005), na região central da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (São Paulo, 2003).

O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18 °C. A precipitação média anual é de 1.497,1 mm, com mínima de 26,6 mm em agosto e máxima de 247,9 mm em dezembro. A média anual da temperatura é de 22,3 °C, com mínima média de 15,1 °C e máxima média de 28,8 °C (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Meteorologia – CEPAGRI, 2014).

Os diferentes tipos de vegetação do PEPF, segundo IBGE (2012), são classificados como: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial – FESA – ocupa as áreas de influência fluvial, apresentando grande heterogeneidade estrutural e florística que varia conforme a topografia e nível de inundação (Konopczyk, 2014); Floresta Estacional Semidecidual Submontana – FES – ocorre nos interflúvios, em altitudes mais baixas, onde os solos são mais argilosos, com mais matéria orgânica e nutrientes (Rossi et al., 2005). Caracteriza-se pela perda parcial da folhagem dos indivíduos arbóreos no período de estiagem; Cerradão – CER (Savana Florestada) – ocorre nas altitudes mais elevadas do PEPF, sobre os latossolos de textura média, saturados por alumínio (Rossi et al., 2005). Caracteriza-se por apresentar flora arbórea com até 10 metros de altura, indivíduos com ritidoma suberoso e xilopódios; além destes, também ocorrem ecótonos entre estes tipos de vegetação (Osaco, 2012; Sabino, 2013).

2.2 Levantamento Florístico

Para a realização das coletas, a área foi percorrida mensalmente (Filgueiras et al., 1994) entre maio de 2013 a junho de 2014. Os espécimes férteis coletados em campo foram preparados e herborizados conforme métodos propostos por Fidalgo e Bononi (1984), e os materiais testemunhos incorporados no acervo do Herbário Rioclarense – HRCB, do Instituto de Biociências da UNESP, *Campus* Rio Claro. As epífitas foram classificadas de acordo com suas relações com os forófitos em categorias ecológicas, conforme Kersten (2010), em holoepífitas obrigatórias, nunca são observadas fora do ambiente epifítico em uma comunidade; holoepífitas facultativas, em uma mesma comunidade, podem crescer tanto como epífitos quanto como terrícolas; holoepífitas acidentais, geralmente terrícolas, mas casualmente podem se desenvolver como epífitos; hemiepífitas primárias, espécies que germinam no forófito e, posteriormente, estabelecem contato com o solo, e hemiepífitas secundárias, espécies que germinam no solo e, posteriormente, usam forófito como suporte,

perdendo contato com o solo. Espécies terrícolas, ocasionalmente encontradas crescendo em forquilhas, ocos ou cavidades com acúmulo de matéria orgânica, incapazes de completar seu ciclo biológico em estado epifítico, não foram incluídas no estudo, por serem consideradas epífitas efêmeras (Blum et al., 2011).

A identificação das epífitas foi realizada através de literatura taxonômica especializada (revisão de famílias e gêneros) e consultas ao acervo do Herbário Rioclarense – HRCB. A nomenclatura taxonômica foi atualizada de acordo com BFG (2015) para as angiospermas e Prado et al. (2015) para as monilófitas e licófitas.

2.3 Similaridade Florística

Para comparação da similaridade florística, foi elaborada uma matriz de presença-ausência para as espécies da área estudada e de outros quatro estudos da flora epifítica em cinco diferentes florestas situadas em áreas de clima sazonal no Estado de São Paulo, tanto em Floresta Estacional Semidecidual como em Cerradão e florestas ripárias (Tabela 1). A partir dessa matriz, foi realizada a análise de agrupamento pelo método de médias não ponderadas (UPGMA), calculadas através do índice de similaridade de Jaccard com software Paleontological Statistics – PAST 3.1 (Hammer et al., 2001). Apenas as espécies identificadas foram incluídas nas análises, sendo descartados também os registros *affinis* (aff.) e *confer* (cf.). Foram verificados os sinônimos para uniformização nomenclatural da listagem. Para a avaliação da contribuição da distância geográfica nas relações florísticas entre as localidades comparadas neste estudo, foi realizado um teste de correlação de Mantel (Legendre e Legendre, 1998) entre as matrizes de similaridade e distâncias geográficas das áreas.

Tabela 1. Levantamentos de epífitas vasculares realizados em áreas de Cerradão, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Paludosa, utilizados para comparação das similaridades florísticas neste estudo (CER: Cerradão; FESA: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; FES: Floresta Estacional Semidecidual; FP: Floresta Paludosa; * excluída hemiparasitas; ** somente holoepífitas).

Table 1. Floristic surveys from vascular epiphytes in Cerradão, Seasonal Semideciduous Alluvial Forest, Seasonal Semideciduous Forest and Swamp Forest, used to comparisons between the floristic similarities in this study (CER: Savanna; FESA: Seasonal Semideciduous Alluvial Forest; FES: Seasonal Semideciduous Forest; FP: Swamp Forest; * excluded hemiparasites; ** only holoepiphytes).

Tipo de vegetação	Localidade	Espécies	Gêneros	Famílias	Coordenadas geográficas	Área (ha)	Altitude (m)	Fonte
FP	Botucatu, SP	73	42	13	22°55'26"S 48°27'27"O	3	850	Marcusso e Monteiro (2016)
FES	Botucatu, SP	56	35	9	22°55'26"S 48°27'27"O	15	850	Marcusso e Monteiro (2016)
FESA	Porto Ferreira, SP	46	30	7	21°51'04"S 47°25'52"O	36	540-608	Presente estudo
FES	Porto Ferreira, SP	44	29	8	21°51'04"S 47°25'52"O	378	540-608	Presente estudo
CER	Luis Antônio, SP	29	29	7	21°36'15"S 47°48'38"O	5	515-835	Bataghin et al. (2012)
FES	Gália, SP	24	16	8	22°24'11"S 49°41'37"O	10,2	550-650	Breier (2005)*
FP	Bauru, SP	20	7	3	22°20'38"S 49°01'22"O	0,2	519-613	Joanitti (2013)**
CER	Porto Ferreira, SP	18	12	5	21°51'04"S 47°25'52"O	169	540-608	Presente estudo
CER	Assis, SP	15	10	4	22°35'07"S 50°22'30"O	10,2	520-590	Breier (2005)*
FES	Bauru, SP	9	5	2	22°20'38"S 49°01'22"O	0,2	519-613	Joanitti (2013)**
CER	Bauru, SP	6	2	2	22°20'38"S 49°01'22"O	0,2	519-613	Joanitti (2013)**

3 RESULTADOS

3.2 Levantamento Florístico

Foram registradas 66 espécies, 32 gêneros e oito famílias de epífitas vasculares no PEPF. A FESA, com 46 espécies (69,7%), foi o tipo de vegetação que apresentou maior riqueza e espécies exclusivas (20), seguida da FES, com 44 espécies (66,7%) e 12 exclusivas, e o Cerradão, com 18 espécies (27,3%) e somente duas exclusivas (Tabela 2).

Entre os três tipos de vegetação, os que mais compartilharam espécies foram a FESA e a FES, seguidas da FES e do CER, e 10 espécies foram comuns aos três tipos (Figura 1).

As famílias mais ricas foram Orchidaceae (33 espécies, 50% do total), Bromeliaceae e Polypodiaceae, com oito espécies cada (12,1% cada), Piperaceae (seis espécies, 9,1%), Cactaceae (cinco espécies, 7,6%), Araceae (três espécies, 4,5%), Commelinaceae e Moraceae (uma espécie cada, 1,5%) (Tabela 2).

Tabela 2. Lista das espécies de epífitas vasculares e suas respectivas categorias ecológicas, tipos de vegetação em que ocorrem e voucher, amostrados no Parque Estadual de Porto Ferreira, Porto Ferreira, São Paulo (CER: Cerradão; FESA: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; FES: Floresta Estacional Semidecidual; HEP: hemiepífita primária; HES: hemiepífita secundária; HLA: holoepífita accidental; HLO: holoepífita obrigatória; HLF: holoepífita facultativa; GMM: Gabriel Mendes Marcusso; HRCB: Herbário Rioclarense; * não coletado ou não encontrado fértil durante o estudo).

Table 2. Vascular epiphytes species, ecological categories, vegetation types and voucher, recorded in Porto Ferreira State Park, Porto Ferreira, São Paulo (CER: Cerradão; FESA: Seasonal Semideciduous Alluvial Forest; FES: Seasonal Semideciduous Forest; FP: Swamp Forest; HEP: primary hemiepiphytes; HES: secondary hemiepiphytes; HLA: accidental holoepiphytes; HLO: obligate holoepiphytes; HLF: facultative holoepiphytes, GMM: Gabriel Mendes Marcusso; HRCB: Herbário Rioclarense; * not collected or not recorded fertile in the study).

FAMÍLIA (Gêneros, espécies)	Categoria ecológica	CER	FESA	FES	Voucher
ARACEAE (2,3)					
<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott	HEP	x	x	x	GMM 296
<i>Philodendron propinquum</i> Schott	HES			x	GMM 262
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott	HES		x		*
BROMELIACEAE (4,8)					
<i>Acanthostachys strobilacea</i> (Schult. & Schult.f.) Klotzsch	HLO		x	x	GMM 271
<i>Aechmea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker	HLO	x		x	*
<i>Billbergia distachia</i> (Vell.) Mez	HLO		x		GMM, 636
<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	HLO	x	x	x	GMM 383
<i>Tillandsia pohliana</i> Mez	HLO	x		x	*
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	HLO	x	x	x	*
<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	HLO			x	GMM 295
<i>Tillandsia tricholepis</i> Baker	HLO	x	x	x	HRCB 62381
CACTACEAE (3,5)					
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw.	HLO	x	x	x	*
<i>Lepismium warmingianum</i> (K.Schum.) Barthlott	HLO		x		*
<i>Rhipsalis baccifera</i> (J.M.Muell.) Stearn	HLO	x	x	x	GMM 180
<i>Rhipsalis cereuscula</i> Haw.	HLO	x		x	GMM 265
<i>Rhipsalis floccosa</i> Salm-Dyck ex Pfeiff.	HLO		x		GMM 185
<i>Rhipsalis teres</i> (Vell.) Steud.	HLO	x	x	x	*
COMMELINACEAE (1,1)					
<i>Tradescantia zanoniana</i> (L.) Sw.	HES			x	GMM 498
ORCHIDACEAE (17,33)					
<i>Acianthera macuconensis</i> (Barb.Rodr.) F.Barros	HLO			x	HRCB 62376
<i>Acianthera pubescens</i> (Lindl.) Pridgeon & M.W.Chase	HLO		x	x	GMM 354
<i>Acianthera recurva</i> (Lindl.) Pridgeon & M.W.Chase	HLO		x		HRCB 62390
<i>Acianthera saundersiana</i> (Rchb.f.) Pridgeon & M.W.Chase	HLO		x		GMM 209
<i>Anathallis obovata</i> (Lindl.) Pridgeon & M.W.Chase	HLO		x		GMM 184
<i>Brasiliorchis consanguinea</i> (Klotzsch) R.B.Singer et al.	HLO		x	x	GMM 182

continua
to be continued

continuação – Tabela 2

continuation – Table 2

FAMÍLIA (Gêneros, espécies)	Categoria ecológica	CER	FESA	FES	Voucher
<i>Bulbophyllum epiphytum</i> Barb.Rodr.	HLO			x	HRCB 62378
<i>Bulbophyllum tripetalum</i> Lindl.	HLO		x		GMM 208
<i>Campylocentrum crassirhizum</i> Hoehne	HLO	x	x	x	GMM 358
<i>Campylocentrum grisebachii</i> Cogn.	HLO		x		HRCB 62373
<i>Campylocentrum sellowii</i> (Rchb.f.) Rolfe	HLO		x		*
<i>Catasetum fimbriatum</i> (C.Morren) Lindl.	HLO	x		x	GMM 357
<i>Cattleya loddigesii</i> Lindl.	HLO		x		GMM 548
<i>Cattleya walkeriana</i> Gardner	HLO		x		HRCB 62908
<i>Christensonella neuwiedii</i> (Rchb.f.) S.Koehler	HLO			x	GMM 186
<i>Dryadella aviceps</i> (Rchb.f.) Luer	HLO		x	x	GMM 356
<i>Encyclia patens</i> Hook.	HLO		x		*
<i>Epidendrum latilabre</i> Lindl.	HLO		x		GMM 355
<i>Epidendrum rigidum</i> Jacq.	HLO		x		GMM 499
<i>Eurystyles actinosophila</i> (Barb.Rodr.) Schltr.	HLO			x	HRCB 62369
<i>Ionopsis utricularioides</i> (Sw.) Lindl.	HLO	x	x	x	GMM 174
<i>Isabelia virginalis</i> Barb.Rodr.	HLO			x	*
<i>Isochilus linearis</i> (Jacq.) R.Br.	HLO		x	x	HRCB 62384
<i>Laelia gloriosa</i> (Rchb.f.) L.O.Williams	HLO		x		HRCB 63669
<i>Lophiaris pumila</i> (Lindl.) Braem	HLO		x		GMM 270
<i>Microlaelia lundii</i> (Rchb.f.) Chiron & V.P.Castro	HLO			x	HRCB 62375
<i>Miltonia flavescens</i> (Lindl.) Lindl.	HLO		x	x	GMM 268
<i>Notylia hemitricha</i> Barb. Rodr.	HLO			x	HRCB 62377
<i>Octomeria warmingii</i> Rchb.f.	HLO		x	x	GMM 181
<i>Polystachya estrellensis</i> Rchb.f.	HLO		x	x	GMM 379
<i>Rodriguezia decora</i> (Lem.) Rchb.f.	HLO	x			GMM 494
<i>Sophronitis cernua</i> Lindl.	HLO			x	HRCB 62909
<i>Vanilla chamissonis</i> Klotzsch	HES		x		GMM 298
MORACEAE (1,1)					
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	HEP		x	x	GMM 766
PIPERACEAE (1,6)					
<i>Peperomia alata</i> Ruiz & Pav.	HLO			x	GMM 299
<i>Peperomia circinnata</i> Link	HLO		x	x	GMM 172
<i>Peperomia nitida</i> Dahlst.	HES, HLF			x	GMM 177
<i>Peperomia rhombea</i> Ruiz & Pav.	HLO		x	x	GMM 264
<i>Peperomia rotundifolia</i> (L.) Kunth	HLO		x	x	GMM 272

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

FAMÍLIA (Gêneros, espécies)	Categoria ecológica	CER	FESA	FES	Voucher
<i>Peperomia campinasana</i> C.DC.	HLO		x		GMM 495
POLYPODIACEAE (3,8)					
<i>Microgramma lindbergii</i> (Kuhn) de la Sota	HLO		x	x	GMM 173
<i>Microgramma persicariifolia</i> (Schrad.) C.Presl	HLO		x	x	GMM 545
<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota	HLO	x	x	x	GMM 176
<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel.	HLO		x		GMM 496
<i>Pleopeltis pleopeltifolia</i> (Raddi) Alston	HLO	x	x	x	GMM 382
<i>Pleopeltis minima</i> (Bory) J. Prado & R.Y. Hirai	HLO		x	x	*
<i>Serpocaulon catharinae</i> (Langsd. & Fisch.) A.R. Sm.	HLO	x			*
<i>Serpocaulon vacillans</i> (Link) A.R.Sm.	HLF	x		x	GMM 381

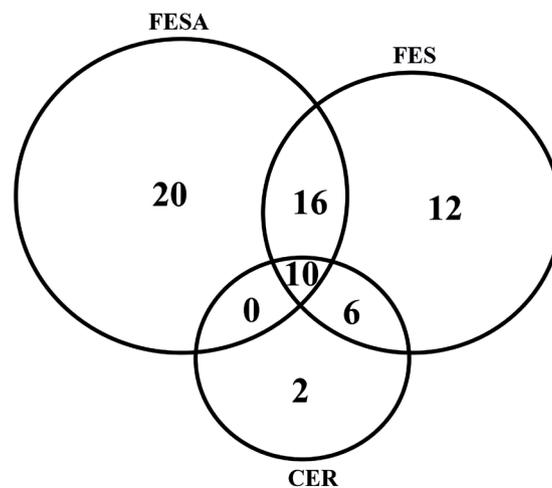


Figura 1. Diagrama de Venn demonstrando as espécies de epífitas vasculares exclusivas e compartilhadas dos diferentes tipos de vegetação do Parque Estadual de Porto Ferreira, Porto Ferreira, São Paulo (CER: Cerradão; FESA: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; FES: Floresta Estacional Semidecidual).

Figure 1. Venn diagram showing exclusive and shared vascular epiphytes species between the different vegetation types in the Porto Ferreira State Park, Porto Ferreira, São Paulo (CER: Cerradão; FESA: Seasonal Semideciduous Alluvial Forest; FES: Seasonal Semideciduous Forest).

As holoepífitas obrigatórias foram a grande maioria, com 58 espécies (88%), seguidas pelas hemiepífitas secundárias com cinco espécies (7,6%), as hemiepífitas primárias e as holoepífitas facultativas, com duas espécies cada (3% cada).

3.3 Similaridade Florística

O dendrograma apresentou correlação cofenética de 0,86, as áreas comparadas apresentaram

baixos valores de similaridade e dois grupos principais foram formados (Figura 2). O primeiro, que incluiu o PEPF, Botucatu, Luís Antônio e Gália; e o segundo, que agrupou Bauru e Assis. No primeiro grupo, o CER do PEPF agrupou-se com Luís Antônio, enquanto a FESA e a FES com Botucatu. A correlação de Mantel não foi significativa ($R = 0,17$ $p = 0,31$) para explicar a contribuição da localização geográfica na similaridade florística das áreas comparadas.

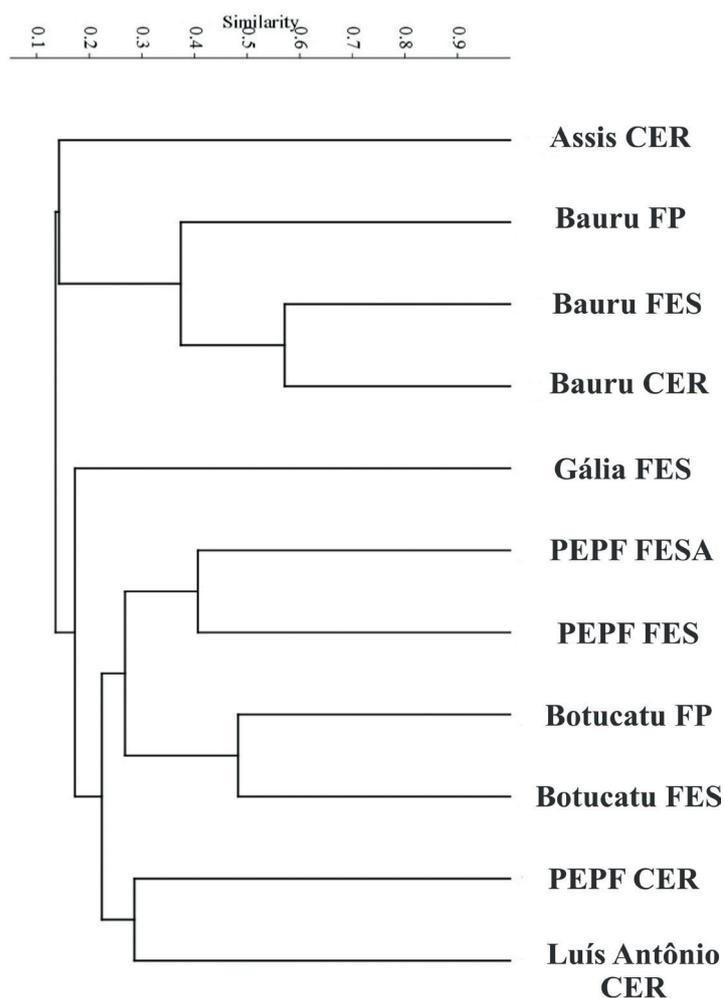


Figura 2. Dendrograma de similaridade (Índice de Jaccard) de epífitas vasculares entre as áreas analisadas (PEPF: Parque Estadual de Porto Ferreira; CER: Cerradão; FESA: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; FES: Floresta Estacional Semidecidual; FP: Floresta Paludosa).

Figure 2. Similarity dendrogram (Jaccard Index) of vascular epiphytes from the analyzed areas (PEPF: Porto Ferreira State Park; CER: Cerradão; FESA: Seasonal Semideciduous Alluvial Forest; FES: Seasonal Semideciduous Forest; FP: Swamp Forest).

4 DISCUSSÃO

4.2 Levantamento Florístico

A riqueza de espécies registradas no PEPF confirma que, mesmo em vegetações contíguas, as florestas que recebem influência fluvial são as que apresentam as maiores riquezas, considerando epífitas vasculares (Waechter e Baptista, 2004; Kersten et al., 2009; Joanitti, 2013; Marcusso e Monteiro, 2016). Apesar da pequena diferença

entre o número de espécies da FES e da FESA, esta última pode ser considerada mais rica pelo fato de possuir uma área expressivamente menor, em comparação aos três tipos de vegetação do PEPF (Tabela 1). As distintas condições de umidade atmosférica das florestas fluviais, mesmo as que apresentam influência sazonal, como no PEPF, podem justificar esse padrão e confirmar a preferência das epífitas por ambientes mais úmidos (Gentry e Dodson, 1987; Laube e Zotz, 2003; Kersten et al., 2009).

Dessa maneira, o gradiente climático seria um dos principais responsáveis pelas variações na diversidade de epífitas no PEPF. A riqueza diminui no sentido da FESA, que é mais úmida, passando pela FES, em condições intermediárias de umidade, e finalmente chegando ao CER, que é o tipo de vegetação que apresentou o menor número de espécies como consequência das condições estruturais dessa vegetação e pela menor umidade atmosférica. A maior distância dos cursos d'água, o dossel aberto, menor biomassa da vegetação arbórea e maior presença de luminosidade e ventos podem ser fatores limitantes dessa vegetação, influenciando no microclima e consequente colonização das epífitas (Hietz e Hietz-Seifert, 1995; Breier, 2005; Joanitti, 2013) (Figura 1). Tal situação pode ser considerada análoga ao que ocorre em florestas de diferentes estágios sucessionais, onde poucas espécies epifíticas são capazes de tolerar as condições mais secas das florestas em início de sucessão. Por outro lado, diferentes estruturas da comunidade arbórea podem contribuir com o incremento de espécies epifíticas, sem necessárias substituições de espécies, onde as mais tolerantes à desidratação passariam a colonizar as zonas mais elevadas dos forófitos, enquanto as espécies tolerantes à sombra e dependentes de maior umidade, as zonas inferiores (Bonnet e Queiroz, 2006; Kersten e Kuniyoshi, 2009).

Em comparação com outras localidades, considerando isoladamente cada tipo de vegetação, os valores de riqueza estão próximos aos encontrados, tanto no Cerradão (Breier, 2005; Bataghin et al., 2012; Joanitti, 2013) quanto na FES e FESA (e.g., Borgo et al., 2002; Rogalski e Zanin, 2003; Breier, 2005; Bonnet et al., 2011; Perleberg et al., 2013; Barbosa et al., 2015). Confirmou-se também a tendência de menor riqueza de epífitas nas florestas com clima sazonal, como as que ocorrem no PEPF, quando comparados com a Floresta Ombrófila Densa (Gentry e Dodson, 1987; Nieder et al., 1999; Breier, 2005; Bataghin, 2013; Leitman et al., 2015; Menini Neto et al., 2015).

Nos três tipos de vegetação do PEPF, Orchidaceae, Bromeliaceae, Polypodiaceae, Piperaceae e Cactaceae foram as famílias mais ricas, confirmando o padrão encontrado em outras florestas tropicais, tanto ombrófilas como as sazonais (Gentry e Dodson, 1987; Zotz, 2013; Kersten, 2010; Menini Neto et al., 2015). A exceção encontrada foi para Araceae, que apresentou poucas espécies na área de estudo. De acordo com Menini Neto et al. (2009), em florestas sazonais a relação das famílias com maior riqueza de espécies pode variar, e estudos têm demonstrado que Araceae é pouco representativa nas florestas sazonais de São Paulo e Sul do Brasil (e.g., Borgo et al., 2002; Rogalski e Zanin, 2003; Breier, 2005; Bonnet et al., 2009; Bataghin, 2013; Perleberg et al., 2013), em comparação com a Floresta Ombrófila Densa (e.g., Breier, 2005; Blum et al., 2011; Bataghin, 2013), e com a Amazônia, onde a família é uma das mais ricas entre as epífitas vasculares (Ribeiro et al., 1999; Irumé et al., 2013).

Analisando cada tipo de vegetação individualmente, algumas diferenças nos padrões foram observadas. No CER, a família mais rica foi Bromeliaceae, seguida de Polypodiaceae, Orchidaceae e Cactaceae; nenhuma Piperaceae foi registrada nesta vegetação. Bromeliaceae teve *Tillandsia* como gênero mais rico e este é o principal responsável pela riqueza da família em florestas sazonais, tanto na FES (Kersten, 2010) quanto no CER (Paula e Monteiro, 2000). O gênero possui espécies mais tolerantes a alguns estresses que o ambiente de dossel oferece, sobretudo no CER, onde as copas pouco densas permitem a entrada de uma alta taxa de insolação, ocasionando baixa umidade e elevadas temperaturas, condições também encontradas em vegetação alterada, onde o gênero é frequente (Bonnet e Queiroz, 2006; Bataghin et al., 2010). A capacidade de colonizar esses ambientes se deve às diversas adaptações morfológicas e fisiológicas, como, por exemplo: metabolismo CAM, presença de cutícula e tricomas na epiderme; adaptações que permitem utilizar melhor os recursos e sobreviver nas condições xeromórficas do dossel (Benzing, 1990; Kersten, 2010).

Por outro lado, Orchidaceae e Piperaceae demonstraram ser dependentes dos ambientes mais sombreados e úmidos do PEPF, como os que ocorrem na FES e FESA. Confirmando a especificidade dessas famílias por determinados habitats (Figueiredo e Sazima, 2007; Ferreira et al., 2010).

Entre as categorias ecológicas, as holopífitas obrigatórias constituíram a grande maioria nos três tipos de vegetação, confirmando o padrão já registrado, tanto na FES (Borgo et al., 2002; Barbosa et al., 2015) quanto no CER (Breier, 2005; Bataghin et al., 2012).

Os levantamentos realizados no PEPF por Oliveira (2012) e Colli et al. (2003) registraram um total de 24 espécies de epífitas vasculares (21 e 8, respectivamente). O presente estudo incrementou 42 espécies, aumentando o conhecimento sobre a biodiversidade da área e demonstrando a necessidade de inventários florísticos direcionados a certos hábitos, como o epifítico, para que se alcancem os valores mais próximos da real riqueza florística de uma determinada localidade.

Em comparação com a flora arbóreo-arbustiva do PEPF (São Paulo, 2003), as epífitas vasculares registradas representam cerca de 20% do número de espécies. Esse valor demonstra uma representatividade relativa próxima a de algumas áreas de Floresta Ombrófila Densa (Kersten, 2010). Entretanto, considerando as outras formas de vida (*e.g.*, trepadeiras e herbáceas terrícolas), esse valor certamente será menor, confirmando que as florestas sazonais apresentam o epifitismo menos representativo que as florestas úmidas, onde esse valor pode corresponder até 50% (Kersten, 2010).

A presença de uma espécie exótica (*Syngonium podophyllum* Schott) é indicativa das perturbações a que o PEPF está sujeito. A proximidade de ranchos, assim como da própria área urbana do município (cerca de 500 metros de distância), involuntariamente podem influenciar na vegetação nativa. Além disso, coletas ilegais de epífitas ornamentais também podem ocorrer, contribuindo com a diminuição

das populações, ou mesmo extinção local de algumas espécies ornamentais, como *Cattleya walkeriana* Gardner, espécie ornamental e citada como Vulnerável no Livro Vermelho da Flora do Brasil (Martinelli e Moraes, 2013), registrada no presente estudo.

4.3 Similaridade Florística

As florestas situadas nas regiões sob clima sazonal no domínio da Floresta Atlântica podem ser consideradas uma unidade fitogeográfica distinta, tanto quando consideradas as epífitas vasculares (Leitman et al., 2015) como as árvores (Eisenlohr e Oliveira-Filho, 2015) e as herbáceas terrícolas (Vieira et al., 2015). Contudo, a comparação das similaridades no presente estudo permitiu observar, numa menor escala geográfica, a distribuição heterogênea que as epífitas vasculares estão sujeitas, sobretudo nas áreas ecotonais entre a Floresta Atlântica e o Cerrado no interior de São Paulo.

Entre os dois grupos formados no dendrograma (Figura 2), no primeiro, o CER do PEPF agrupou-se com o CER de Luís Antônio, como era esperado, pois ambas as áreas se situam na mesma bacia hidrográfica e são geograficamente próximas. Por outro lado, a FESA e a FES do PEPF não apresentaram o mesmo padrão, agrupando-se com as florestas de Botucatu, mesmo que estas estejam situadas em maior altitude (850 m) que o PEPF. Curtos intervalos de altitude (cerca de 300 m) provavelmente são insuficientes para separação de grupos florísticos. Tais diferenças devem ocorrer em maiores intervalos altitudinais (Menini Neto et al., 2009), nos quais as mudanças nas condições climáticas são mais pronunciadas (Körner, 2007) refletindo na composição e substituição de espécies (Gentry e Dodson, 1987; Leitman et al., 2015). A FES de Gália, apesar de estar geograficamente próxima de Bauru e Assis, não se agrupou com estas. O agrupamento da floresta de Gália com as outras FES analisadas demonstra que este tipo de vegetação parece apresentar relações florísticas mais fortes, em comparação com o CER, confirmando a ideia da distinta unidade fitogeográfica.

No segundo grupo formado no dendrograma, as duas áreas de CER de Assis e Bauru não foram tão similares quanto as do PEPF e de Luís Antônio, possivelmente pela maior distância geográfica destas duas localidades. Dessa maneira, pode ser observada uma diferenciação no sentido leste-oeste das epífitas vasculares do CER em São Paulo. Além disso, a FES e a FP de Bauru foram mais similares ao CER de Bauru, ao invés da FES de Gália, que fica situada entre estas duas localidades. Em Bauru, a predominância do CER pode ser uma das explicações para essa similaridade, com pequenas áreas de FES que aí ocorrem entremeadas com o CER (Pinheiro et al., 2002), o qual pode exercer influência sobre a composição florística dessa vegetação (Pinheiro e Monteiro, 2008).

A análise de agrupamentos permitiu demonstrar que as epífitas vasculares estão sujeitas a uma distribuição heterogênea nessa região ecotonal de São Paulo, não havendo distinção clara entre grupos florísticos de acordo com o tipo de vegetação em que ocorrem, diferente dos resultados encontrados para a flora arbórea (e.g., Pinheiro e Monteiro, 2008). Contudo, a elucidação desses padrões será melhor compreendida com o aumento dos estudos florísticos sobre as epífitas vasculares e, conseqüentemente, será possível conhecer espécies típicas de cada um desses tipos de vegetação, o que permitirá realizar inferências mais seguras sobre as influências florísticas a que as epífitas estão sujeitas nas regiões ecotonais.

5 CONCLUSÕES

O número de espécies registradas no PEPF foi o esperado para epífitas vasculares nos tipos de vegetação considerados; contudo, a presença de espécies ameaçadas de extinção demonstra a importância florística e o papel de conservação que a Unidade exerce. As epífitas vasculares apresentaram uma distribuição distinta, tanto nos diferentes tipos de vegetação contíguos

ao PEPF quanto na região ecotonal do interior de São Paulo, onde diferentes influências florísticas, tanto da vegetação florestal quanto do Cerrado, parecem exercer um papel importante na distribuição e composição das epífitas vasculares.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Rafael Konopczyk, Gabriel Sabino e João Godinho pelo auxílio em campo, ao Diogo Araújo pela ajuda no abstract, à Ingrid Koch e aos dois revisores anônimos pelas valiosas sugestões no manuscrito. O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, D.E.F. et al. Vascular epiphytes in a remnant of seasonal semideciduous forest in the Zona da Mata, State of Minas Gerais, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 623-633, 2015.

BATAGHIN, F.A. **Epifitismo vascular e estado de conservação de fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Sorocaba/Médio Tietê, São Paulo, Brasil**. 2013. 231 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

_____.; BARROS, F.; PIRES, J.S.R. Distribuição da comunidade de epífitas vasculares em sítios sob diferentes graus de perturbação na Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 3, p. 501-512, 2010.

BATAGHIN, F.A. et al. Riqueza e estratificação vertical de epífitas vasculares na Estação Ecológica de Jataí – área de Cerrado no Sudeste do Brasil. **Hoehnea**, v. 39, n. 4, p. 615-626, 2012.

BENZING, D.H. **Vascular epiphytes: general biology and related biota**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 354 p.

BERTONI, J.E.A.; MARTINS, F.R. Composição florística de uma floresta ripária na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 1, n. 1, p. 17-26, 1987.

_____. et al. Flora arbórea e arbustiva do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). **Revista do Instituto Florestal**, v. 13, n. 2, p. 169-188, 2001.

BFG. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085-1113, 2015.

BLUM, C.T.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F. Composição florística e distribuição altitudinal de epífitas vasculares da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Morretes, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, p. 141-159, 2011.

BONNET, A.; QUEIROZ, M.H. Estratificação vertical de bromélias epífitas em diferentes estádios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa, Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 217-228, 2006.

_____.; LAVORANTI, O.J.; CURCIO, G.R. Epífitas vasculares no corredor de biodiversidade araucária, bacia do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Cadernos de Biodiversidade**, v. 6, p. 49-70, 2009.

_____. et al. Flora epifítica vascular em três unidades vegetacionais do rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, v. 62, n. 3, p. 491-498, 2011.

BORGO, M.; SILVA, S.M.; PETEAN, M.P. Epífitas vasculares em um remanescente de floresta estacional semidecidual, município de Fênix, PR, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 24, n. 2, p. 121-130, 2002.

BREIER, T.B. **O epifitismo vascular em florestas do Sudeste do Brasil**. 2005. 139 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMATOLÓGICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_457.html>. Acesso em: 10 fev. 2014.

COLLI, A.M.T.; SOUZA, S.A.; SILVA, R.T. Pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP), Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 15, n. 1, p. 29-35, 2003.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C. Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 355-363, 2007.

EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Revisiting patterns of tree species composition and their driving forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 6, p. 689-701, 2015.

FERREIRA, A.W.C.; LIMA, M.I.S.; PANSARIN, E.R. Orchidaceae na região central de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 2, p. 243-259, 2010.

FIASCHI, P.; PIRANI, J.R. Review of plant biogeographic studies in Brazil. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 47, p. 477-496, 2009.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1984. 62 p.

FIGUEIREDO, R.A.; SAZIMA, M. phenology and pollination biology of eight *Peperomia* species (Piperaceae) in semideciduous forests in Southeastern Brazil. **Plant Biology**, v. 9, p. 136-141, 2007.

FILGUEIRAS, T.S. et al. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, v. 12, p. 39-43, 1994.

GENTRY, A.H.; DODSON, C.H. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 74, p. 205-233, 1987.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

HIETZ, P.; HIETZ-SEIFERT, H. Composition and ecology of vascular epiphyte communities along an altitudinal gradient in central Veracruz, México. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, n. 4, p. 487-498, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. 276 p.

IRUME, M.V. et al. Floristic composition and community structure of epiphytic angiosperms in a terra firme forest in central Amazonia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 378-393, 2013.

JOANITTI, S.A. **Epifitismo vascular em três formações vegetais distintas**: mata de brejo, floresta estacional semidecidual e cerradão, pertencentes ao município de Bauru, estado de São Paulo. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

KERSTEN, R.A. Epífitas vasculares – histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 9-38, 2010.

_____.; KUNYIOSHI, Y.S. Conservação das florestas na bacia do alto Iguaçu, Paraná – avaliação da comunidade de epífitas vasculares em diferentes estágios serais. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 51-66, 2009.

_____.; _____.; RODERJAN, C.V. Epífitas vasculares em duas formações ribeirinhas adjacentes na bacia do rio Iguaçu – Terceiro Planalto Paranaense. **Iheringia**, v. 64, n. 1, p. 33-43, 2009.

KONOPCZYK, R.M.G. **Composição florística, estrutura e heterogeneidade ambiental da comunidade arbórea de uma várzea em Porto Ferreira, SP, Brasil**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

KÖRNER, C. The use of ‘altitude’ in ecological research. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, n. 11, p. 569-574, 2007.

KRONKA, F.J.N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. v. 1, 200 p.

LAUBE, S.; ZOTZ, G. Which abiotic factors limit vegetative growth in a vascular epiphyte? **Functional Ecology**, v. 17, p. 598-604, 2003.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2nd English edition. Amsterdam: Elsevier, 1998. 853 p.

LEITMAN, P. et al. Floristic patterns of epiphytes in the Brazilian Atlantic Forest, a biodiversity hotspot. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 179, n. 4, p. 587-601, 2015. doi:10.1111/boj.12342.

MARCUSO, G.M.; MONTEIRO, R. Composição florística das epífitas vasculares em duas fisionomias vegetais no município de Botucatu, estado de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 67, n. 3, p. 553-569, 2016.

MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. (Org.). **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. v. 1, 1100 p.

MENINI NETO, L.; FORZZA, R.C.; ZAPPI, D. Angiosperm epiphytes as conservation indicators in forest fragments: a case study from southeastern Minas Gerais, Brazil. **Biodiversity Conservation**, v. 18, p. 3785-3807, 2009.

MENINI NETO, L. et al. Biogeography of epiphytic Angiosperms in the Brazilian Atlantic Forest, a world biodiversity hotspot. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 1, p. 261-273, 2016. doi 10.1007/s40415-015-0238-7.

NIEDER, J.; ENGWALD, S.; BARTHLOTT, W. Patterns of neotropical epiphytes diversity. **Selbyana**, v. 20, p. 66-75, 1999.

OLIVEIRA, A.P.C. **Flora vascular não-arbórea do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP, Brasil**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.C. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

OSACO, M. **Florística e fitossociologia do estrato arbustivo de área de transição savana-floresta no Parque Estadual de Porto Ferreira**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

PAULA, C.C.; MONTEIRO, R. O gênero *Tillandsia* Lindley (Bromeliaceae) no cerrado de Corumbataí, São Paulo, Brasil. **Naturalia**, v. 25, p. 127-138, 2000.

PERLEBERG, T.D.; GARCIA, E.N.; PITREZ, S.R. Epífitas vasculares em área com floresta estacional semidecidual, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 35, n. 2, p. 65-73, 2013.

PINHEIRO, M.H.O.; MONTEIRO, R. Florística de uma Floresta Estacional Semidecidual, localizada em ecótono savânico-florestal, no município de Bauru, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 1085-1094, 2008.

PINHEIRO, M.H.O.; MONTEIRO, R. CESAR, O. Levantamento fitossociológico da Floresta Estacional Semidecidual do Jardim Botânico de Bauru, São Paulo. **Naturalia**, v. 27, p. 145-164, 2002.

PRADO, J. et al. Diversity of ferns and lycophytes in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1073-1083, 2015.

RIBEIRO, J.E.L.S. et al. **Flora da Reserva Florestal Ducke**: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999. 816 p.

ROGALSKI, J.M.; ZANIN, E.M. Composição florística de epífitos vasculares no estreito de Augusto César, Floresta Estacional Decidual do rio Uruguai, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 551-556, 2003.

ROSSI, M. et al. Relação solo/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 45-61, 2005.

SABINO, G.P. **Florística e fitossociologia de uma comunidade arbórea em contato savana-floresta no Parque Estadual de Porto Ferreira, Porto Ferreira, São Paulo**. 2013. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SÃO PAULO (Estado). Instituto Florestal. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Porto Ferreira**. 2003. Disponível em: <http://iflorestal.sp.gov.br/institutoflorestal/files/2013/03/Plano_de_Manejo_PE_Porto_Ferreira.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2014.

VIEIRA, L.T.A. et al. Geographical patterns of terrestrial herbs: a new component in planning the conservation of the Brazilian Atlantic Forest. **Biodiversity Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2181-2198, 2015. doi 10.1007/s10531-015-0967-8.

MARCUSSO, G.M. et al. Epífitas de Porto Ferreira.

WAECHTER, J.L.; BAPTISTA, L.R.M. Abundância e distribuição de orquídeas epifíticas em uma floresta turfosa do Brasil Meridional. In: BARROS, F.; KERBAUY, G.B. (Ed.). **Orquideologia sul-americana: uma compilação científica**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, 2004. p. 135-145.

ZOTZ, G. The systematic distribution of vascular epiphytes – a critical update. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 171, p. 453-481, 2013.

**AVES REGISTRADAS EM 14 ÁREAS PROTEGIDAS
NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL¹**

**BIRDS RECORDED IN 14 PROTECTED AREAS
OF THE STATE OF SÃO PAULO, SOUTHEASTERN BRAZIL**

Alexsander Zamorano ANTUNES^{2, 3}; Marina Mitsue KANASHIRO²;
Marilda Rapp de ESTON²

RESUMO – Muitas das áreas atualmente protegidas no interior do estado de São Paulo são relativamente pequenas e isoladas de outros remanescentes de vegetação nativa. Considerando que a composição da avifauna pode contribuir para avaliar a relevância dessas áreas para a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo, o presente trabalho divulga as espécies de aves encontradas durante levantamentos efetuados em 14 destas localidades no período de 2007 a 2016. Considerando todas as áreas em conjunto foram registradas 339 espécies, 22 ameaçadas de extinção no estado, 53 com distribuição restrita à Mata Atlântica e seis restritas ao Cerrado. As quatro unidades de uso sustentável amostradas apresentaram totais de espécies ameaçadas e de distribuição restrita similares aos obtidos para as 10 unidades de proteção integral (estações ecológicas), o que justificaria a aplicação de uma mesma categoria mais restritiva para todas as 14 áreas.

Palavras-chave: espécies ameaçadas; Cerrado; Mata Atlântica; Unidades de Conservação.

ABSTRACT – Many of the areas currently protected in the state of São Paulo are relatively small and isolated from other remnants of native vegetation. The composition of avifauna can contribute to evaluate the relevance of those areas for biodiversity conservation in the state of São Paulo, so this paper presents bird species found during surveys carried out in 14 of these sites between 2007 and 2016. Considering all areas together we recorded 339 species, 22 threatened in the state, 53 with distribution restricted to the Atlantic Forest and six restricted to Cerrado domain. The four sustainable use units sampled had total of threatened species and restricted distribution similar to those obtained for the 10 full protection units (ecological stations), which would justify the application of the same category for all 14 areas.

Keywords: threatened species; Cerrado; Atlantic Forest; Conservation Units.

¹Recebido para análise em 05.04.2016. Aceito para publicação em 21.11.2016.

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

³Autor para correspondência: Alexsander Zamorano Antunes – alexza@if.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo foi habitado por povos indígenas por alguns milhares de anos e colonizado por europeus a partir do século XVI, porém foram os ciclos econômicos baseados na agricultura para exportação nos séculos XIX e XX que resultaram na perda da maior parte de sua vegetação natural (Dean, 1997). Atualmente, estima-se que restam 43.430 km² de vegetação natural, o que corresponde a 17,5% da área do estado (São Paulo, 2016). Especificamente em relação aos dois biomas principais que ocorrem no estado, a Mata Atlântica antes ocupava 69% da área, estando hoje reduzida a 14% (23.789,85 km²) enquanto para o Cerrado estes percentuais foram de 14% para 1%, 2.855,55 km² (Kronka et al., 2005; Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015). Hoje, apenas 4,5% do estado (11.205,95 km²) estão no interior de unidades de conservação de proteção integral (Xavier et al., 2008; Fundação Florestal, 2016a; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2016; São Paulo, 2016a).

A maioria das áreas protegidas do interior do estado de São Paulo é relativamente pequena e isolada de outras áreas de vegetação nativa. Muitas também sofreram uso agropecuário intensivo antes de serem adquiridas pelo poder público. Após sua desapropriação, as áreas com vegetação campestre e savânica foram utilizadas pelo Serviço Florestal, posteriormente Instituto Florestal, como Estações Experimentais e Florestas Estaduais principalmente para o cultivo de pinheiros exóticos *Pinus* spp., e as áreas florestadas como Reservas Florestais, que eventualmente sofriam corte seletivo de árvores. A partir da década de 1980, com a valorização das unidades de conservação pela sociedade, algumas dessas áreas, por apresentarem atributos naturais significativos, foram parcial ou integralmente transformadas em Estações Ecológicas, permitindo a regeneração da vegetação nativa e uma proteção mais efetiva de sua biodiversidade. Mesmo naquelas áreas utilizadas para a experimentação florestal, em grandes trechos foi permitida a regeneração natural da vegetação, principalmente nas Áreas de Preservação Permanente.

As Estações Experimentais e as Florestas Estaduais são unidades de uso sustentável, enquanto as Estações Ecológicas são de proteção integral, portanto, com objetivos de manejo diferentes. De acordo com a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, uma Estação Ecológica tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. É de posse e domínio públicos, sendo proibida a visitação pública, exceto com objetivo educacional (Brasil, 2000).

Tendo em vista este histórico, qual será atualmente a relevância destas áreas para a conservação da biodiversidade do estado de São Paulo? Considerando que as aves constituem o grupo de organismos mais facilmente inventariado e que a análise das assembleias locais pode oferecer subsídios para responder a esta questão, os objetivos do presente trabalho foram: 1) divulgar as espécies encontradas durante levantamentos efetuados recentemente em algumas destas áreas protegidas e 2) avaliar quais informações obtidas em inventários rápidos não padronizados de aves podem ser utilizadas para a comparação entre áreas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Entre 2007 e 2016, por meio de participação em propostas de criação e planos de manejo de unidades de conservação, foram realizados levantamentos rápidos da avifauna em 11 áreas protegidas administradas pelo Instituto Florestal e três administradas, a partir de 2007, pela Fundação Florestal (Bauru, Itaberá e Ribeirão Preto; Figura 1).

Informações sobre as áreas visitadas são apresentadas na Tabela 1 e foram obtidas nas páginas na internet da Fundação Florestal (2016a) e de São Paulo (2016a). Para o número de fitofisionomias foram considerados tanto tipos diferentes, ex. floresta, campo e brejo, quanto fases sucessionais. Essas informações foram obtidas dos planos de manejo das áreas (Fundação Florestal, 2016b; São Paulo, 2016b).

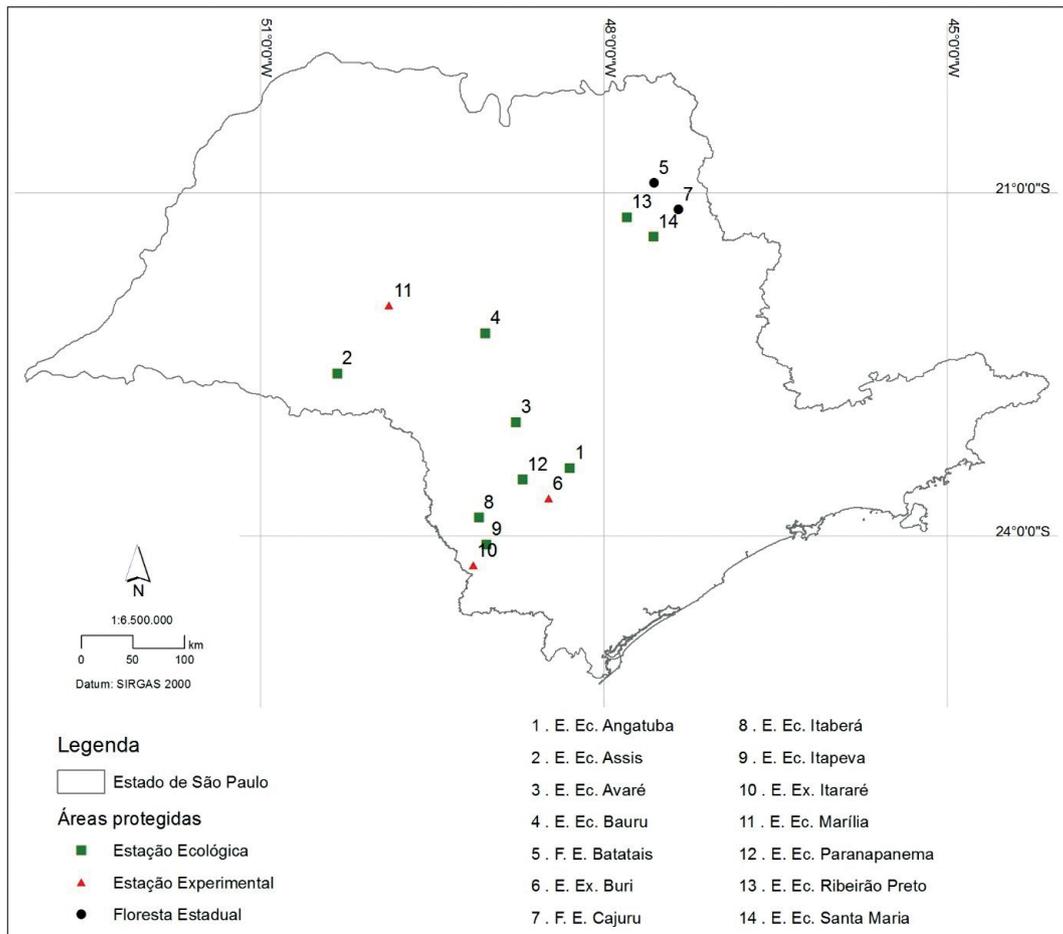


Figura 1. Localização das áreas amostradas no interior do estado de São Paulo.

Figure 1. Location of the sampled areas in the state of São Paulo, southeastern Brazil.

Tabela 1. Áreas amostradas. E. Ec. = Estação Ecológica; E. Ex. = Estação Experimental e F. E. = Floresta Estadual. Domínio fitogeográfico predominante: CE = Cerrado; FES = Floresta Estacional Semidecidual; FOM = Floresta Ombrófila Mista.

Table 1. Sampled areas. E. Ec. = Ecological Station; E. Ex. = Experimental Station and F. E. = State Forest. Phytogeographic predominant domain: CE = Cerrado; FES = Semideciduous Forest; FOM = Mixed Rain Forest.

Nome	Área (ha)	Domínio	Número de Fitofisionomias	Ano de Criação	Período Amostral	Esforço Amostral (horas)
E. Ec. Angatuba	1.394,15	FES	21	1985	19 a 23/03 e 18 a 21/10/2007	50
E. Ec. Assis	1.760,64	CE	15	1992	01 a 05/10/2007	38
E. Ec. Avaré	709,02	CE	12	2010	02 a 03/03/2010	10
E. Ec. Bauru	287,98	FES	18	1987	17 a 21/09 e 19 a 22/11/2007	50

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
 continuation – Table 1

Nome	Área (ha)	Domínio	Número de Fitofisionomias	Ano de Criação	Período Amostral	Esforço Amostral (horas)
F. E. Batatais	1.478,55	CE	10*	1943	08 a 10/12/2014	16
E. Ex. Buri	1.080,68	FES	14	1960	20 a 21/10/2014	15
F. E. Cajuru	1.909,56	CE	16	1962	28 a 30/10/2013	25
E. Ec. Itaberá	180	FOM	9	1987	17 e 18/09/2008	18
E. Ec. Itapeva	106,77	CE	11	1985	15 a 19/09/2008	10
E. Ex. Itararé	2.379,05	FOM	9*	1960	22 a 24/10/2014 e 08 e 09/03/2016	31
E. Ec. Marília	607,14	FES	14	2010	22 a 24/01/2013	21
E. Ec. Paranapanema	635,20	FES	15	1993	17 a 20/03/2014	16
E. Ec. Ribeirão Preto	154,16	FES	10	1984	16 a 19/03/2009	13
E. Ec. Santa Maria	1.301,35	CE	13*	2010	04 a 07/05/2015	22

*Dados da vegetação baseados nos mapeamentos preliminares.

*Vegetation data based on preliminary maps.

As aves foram amostradas pelo método de trajetos de distância ilimitada (Willis, 1979; Bibby et al., 1992), que consiste em se deslocar lentamente, perto de 1 km/h, pelas trilhas e estradas disponíveis, registrando-se cada indivíduo detectado visual e/ou auditivamente. Foram utilizados binóculos 8 x 40, gravador profissional PMD222 Marantz com microfone Sennheiser ME66/K6C para registrar vocalizações e outras manifestações sonoras, e câmera fotográfica digital com zoom ótico de 42x para documentar a presença das espécies. As coordenadas das áreas amostradas foram obtidas com GPS 76CSx Garmin.

A nomenclatura científica adotada foi a do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Piacentini et al., 2015). Foram consideradas as espécies ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (São Paulo, 2014) e as endêmicas ou com distribuição restrita aos Domínios do Cerrado e da Mata Atlântica (Bencke et al., 2006).

As correlações entre as variáveis independentes (área em hectares, número de fitofisionomias locais e esforço amostral) e as variáveis dependentes (riqueza, número de espécies ameaçadas de extinção no estado de São Paulo, espécies com distribuição restrita) foram efetuadas por meio do teste de correlação de postos de Spearman (rs). Valores médios das variáveis dependentes foram comparados através do teste de Mann-Whitney (U). Os testes estatísticos foram efetuados com o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2010) e os resultados foram considerados significativos para $p < 0,05$. Análise multivariada pelo método “Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean – UPGMA”, distância euclidiana simples, foi utilizada para avaliar a similaridade na avifauna entre as áreas, por meio do programa “MultiVariate Statistical Package – MVSP” (Kovach, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando todas as áreas em conjunto, foram registradas 339 espécies de aves, 22 ameaçadas de extinção, 53 com distribuição restrita à Mata Atlântica e seis restritas ao Cerrado (Tabelas 2 e 3, Figuras 2 e 3). Duzentas e oitenta e duas espécies (83%) foram fotografadas ou gravadas. Willis e Oniki (1981, 2003) efetuaram levantamentos rápidos na década de 1980 em todas essas áreas, com exceção de Itaberá e Paranapanema, encontrando espécies não registradas no presente estudo.

Optou-se por não incluir esses dados pois, mesmo sendo áreas protegidas, tratam-se de remanescentes relativamente pequenos e isolados de outras áreas de vegetação nativa, nos quais muito provavelmente ocorreram extinções locais ao longo do tempo (Antunes, 2005). Apenas outras sete áreas protegidas no interior do estado contam com inventários recentes de avifauna publicados (Dias, 2000; Pozza e Pires, 2003; Develey et al., 2005; Motta-Júnior et al., 2008; Cavarzere et al. 2009; Telles e Dias, 2010; Fieker et al., 2013; Lucindo et al., 2015).

Tabela 2. Espécies registradas com total de detecções por área. AM = espécie ameaçada de extinção no estado de São Paulo; MA = espécie restrita ao Domínio da Mata Atlântica; CE = espécie restrita ao Domínio do Cerrado; F = espécie fotografada; G = vocalização gravada. Áreas Protegidas: Angatuba (An), Assis (As), Avaré (Av), Batatais (Ba), Bauru (Bu), Buri (Br), Cajuru (Ca), Itaberá (It), Itapeva (Ip), Itararé (Ir), Marília (Ma), Paranapanema (Pa), Ribeirão Preto (RP) e Santa Maria (SM).

Table 2. Bird species recorded with detections by area. AM = threatened species in the state of São Paulo; MA = species restricted to Atlantic Forest Domain; CE = species restricted to Cerrado Domain. F = photographed species; G = vocalization recorded. Protected Areas: Angatuba (An), Assis (As), Avaré (Av), Batatais (Ba), Bauru (Bu), Buri (Br), Cajuru (Ca), Itaberá (It), Itapeva (Ip), Itararé (Ir), Marília (Ma), Paranapanema (Pa), Ribeirão Preto (RP) and Santa Maria (SM).

Nome do Taxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
Tinamiformes															
Tinamidae															
<i>Crypturellus obsoletus</i> (Temminck, 1815)	G	2								2	8				
<i>Crypturellus undulatus</i> (Temminck, 1815)	G AM							2							
<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827)	G	1	12	4				1		1		4			4
<i>Crypturellus tataupa</i> (Temminck, 1815)			11			2									
<i>Rhynchotus rufescens</i> (Temminck, 1815)	G AM		1			1		1			5	1	1		
<i>Nothura maculosa</i> (Temminck, 1815)												1			
Anseriformes															
Anhimidae															
<i>Anhima cornuta</i> (Linnaeus, 1766)	G AM											1			
Anatidae															
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	F											1	10		
<i>Dendrocygna autumnalis</i> (Linnaeus, 1758)	F												6		
<i>Cairina moschata</i> (Linnaeus, 1758)		7				4				1		1	4		
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin, 1789)	F	1				2							2		
Galliformes															
Cracidae															
<i>Penelope supercilialis</i> Temminck, 1815	G	24	45	4		8	4		3	3			6		

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Penelope obscura</i> Temminck, 1815	F										6				
Podicipediformes															
Podicipedidae															
<i>Tachybaptus dominicus</i> (Linnaeus, 1766)	F							1			4				
<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	F		1					1					1		
Suliformes															
Phalacrocoracidae															
<i>Nannopterum brasilianus</i> (Gmelin, 1789)	F	1	1												
Anhingidae															
<i>Anhinga anhinga</i> (Linnaeus, 1766)	F	1													
Pelecaniformes															
Ardeidae															
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert, 1783)		1				1							1		
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	F	1	1												
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	F	2		1				1					1		
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	F	2	10			10							6		6
<i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758	F		1			1		1					1		1
<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	G	4	1	2	2	4		2				1	2		
Threskiornithidae															
<i>Mesembrinibis cayennensis</i> (Gmelin, 1789)	F G	2			2	2		1				1		3	
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	F		1									1			
<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert, 1783)	F G				2			2	2		15		2	2	2
Cathartiformes															
Cathartidae															
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	F	6		2	1		2	1	1		3		1		2
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	F	12	3	6	15	4	2	2	8	4	8	2	12	30	12
Accipitriformes															
Accipitridae															
<i>Leptodon cayanensis</i> (Latham, 1790)		2				2	2			1					
<i>Elanoides forficatus</i> (Linnaeus, 1758)		2				2									
<i>Gampsonyx swainsonii</i> Vigors, 1825	F														1
<i>Elanus leucurus</i> (Vieillot, 1818)		1												1	1
<i>Accipiter striatus</i> Vieillot, 1808											1				
<i>Ictinia plumbea</i> (Gmelin, 1788)	F	5	2		3	3	2	1	1			1	4		
<i>Rostrhamus sociabilis</i> (Vieillot, 1817)	F		1												
<i>Geranospiza caerulescens</i> (Vieillot, 1817)		1									1				
<i>Heterospizias meridionalis</i> (Latham, 1790)	G				2			1							1
<i>Urubitinga coronata</i> (Vieillot, 1817)		AM				1									
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	F G	7	3	2	4	2	3	2	2	2	2	4	2	2	2

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM	
<i>Buteo brachyurus</i> Vieillot, 1816	G		1		1	1			1	1		1		1		
<i>Spizaetus tyrannus</i> (Wied, 1820)	G	AM							2							
Gruiformes																
Aramidae																
<i>Aramus guarana</i> (Linnaeus, 1766)	F											1				
Rallidae																
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)	G		2		2	3		1					2	5	2	
<i>Aramides saracura</i> (Spix, 1825)	G	MT	7													
<i>Laterallus melanophaius</i> (Vieillot, 1819)			2		2							1				
<i>Laterallus xenopterus</i> Conover, 1934	G	AM							1						2	
<i>Mustelirallus albicollis</i> (Vieillot, 1819)	G			2					2			1		2	2	
<i>Pardirallus nigricans</i> (Vieillot, 1819)	G					4		1		2			2		2	
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	F G			3								2	4			
<i>Porphyrio martinicus</i> (Linnaeus, 1766)	F											1				
Charadriiformes																
Charadriidae																
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	F G		4	4	4	2	4		1	4		2	2	4	2	4
Scolopacidae																
<i>Gallinago paraguayae</i> (Vieillot, 1816)	G											1				
<i>Gallinago undulata</i> (Boddaert, 1783)	G								1							
Jacanidae																
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	F		2	3	2				1			1	2			
Columbiformes																
Columbidae																
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1810)	F G		22		6	2	10	1	1	6	4	8	5	8	8	6
<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831)	F G		1	4	4	2	8		1			7		2	6	
<i>Claravis pretiosa</i> (Ferrari-Perez, 1886)	G		1				2		1					2		
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789							12								10	
<i>Patagioenas speciosa</i> (Gmelin, 1789)		AM		2												
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	G		19	33	10	26	4	10	6	10	8	20	9	20	10	23
<i>Patagioenas cayennensis</i> (Bonnaterre, 1792)	G		9	2			6	8	1	12	2	10		6	3	6
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	G		12	50	12		1	1	1	2	2	40	1	4	50	10
<i>Leptotila verreauxi</i> Bonaparte, 1855	G		53	38	6	6	33	8		10	4	8	9	10	29	8
<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	G		1						1	6	1	1				
<i>Geotrygon montana</i> (Linnaeus, 1758)	G											1				
Cuculiformes																
Cuculidae																
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	G		10	5	2	4	4	2		3	1	2	3	2	8	2

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	G	12	8	6	8	8		1	6			5	6	12	6
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	G	12	12	6		8	1	1	6		6	3	8	8	8
<i>Tapera naevia</i> (Linnaeus, 1766)	G	6		1					1	1	1	2	1	1	2
<i>Dromococcyx pavoninus</i> Pelzeln, 1870			1												
Strigiformes															
Tytonidae															
<i>Tyto furcata</i> (Temminck, 1827)	G	1										1	1		
Strigidae															
<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	G	2	2			2		1			2	1	1	1	
<i>Pulsatrix perspicillata</i> (Latham, 1790)						4									
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	F G	1	2			2		1				1	2	1	4
<i>Asio clamator</i> (Vieillot, 1808)		2													
<i>Asio stygius</i> (Wagler, 1832)	G										2				
Nyctibiiformes															
Nyctibiidae															
<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	G	3	1			1		1				1			
Caprimulgiformes															
Caprimulgidae															
<i>Antrostomus rufus</i> (Boddaert, 1783)	G	4	6			3	2	1							
<i>Lurocalis semitorquatus</i> (Gmelin, 1789)	G	2	4		1	2					2		1		
<i>Nyctidromus albicollis</i> (Gmelin, 1789)	G	11	10			4	1	1			3	1	4	8	
<i>Hydropsalis parvula</i> (Gould, 1837)	G		1								2				
<i>Hydropsalis longirostris</i> (Bonaparte, 1825)											1				
<i>Hydropsalis torquata</i> (Gmelin, 1789)													2		
<i>Hydropsalis forcipata</i> (Nitzsch, 1840)	MT										1				
Apodiformes															
Apodidae															
<i>Streptoprocne zonaris</i> (Shaw, 1796)		4					2						4		
<i>Streptoprocne biscutata</i> (Sclater, 1866)	G									252	40				
<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907	G				10							1		1	
Trochilidae															
<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson & Delattre, 1839)		8	5	1	6	4	3	2	3	1	1	4	1	1	2
<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)		5	1		2			2			2		1		1
<i>Aphantochroa cirrochloris</i> (Vieillot, 1818)	G														
<i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	F MT	7					1				1		1		
<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)		2										2	1		
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (Shaw, 1812)		6	5	1		3	1	1	4	1	3	1	1	5	1
<i>Thalurania furcata</i> (Gmelin, 1788)	AM				2										

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon			An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)	F G	MT	7			2		3						2		
<i>Hylocharis chrysura</i> (Shaw, 1812)	G		7	11	4	2	6	1	2	1	2		5		2	
<i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)	F G	MT	3									6				
<i>Amazilia fimbriata</i> (Gmelin, 1788)						1										
<i>Amazilia lactea</i> (Lesson, 1832)	F		10		2	3	2	1	1		2	1		1	1	2
<i>Helimaster squamosus</i> (Temminck, 1823)	F				1				1							1
<i>Calliphlox amethystina</i> (Boddaert, 1783)			2													
Trogoniformes																
Trogonidae																
<i>Trogon surrucura</i> Vieillot, 1817	F G	MT	16	6				3		1	1	3				
Coraciiformes																
Alcedinidae																
<i>Megasceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)			1	1	1							1		1	1	
<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	F		2	1												
<i>Chloroceryle americana</i> (Gmelin, 1788)			1													
Momotidae																
<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot, 1818)	G	MT					6	1				2	1			
Galbuliformes																
Galbulidae																
<i>Galbula ruficauda</i> Cuvier, 1816	F G			1	2	4	2		1				1		2	2
Bucconidae																
<i>Nystalus chacuru</i> (Vieillot, 1816)	G		1						1							
<i>Malacoptila striata</i> (Spix, 1824)	F	MT	11													
Piciformes																
Ramphastidae																
<i>Ramphastos toco</i> Stadius Muller, 1776	F G		7		4	14	2	3	4				1	6		6
<i>Ramphastos dicolorus</i> Linnaeus, 1766	F G	MT										2				
Picidae																
<i>Picumnus temminckii</i> Lafresnaye, 1845	G	MT	7					3		4	2	3		2		
<i>Picumnus albosquamatus</i> d'Orbigny, 1840	F G			2	2	6	10		2				4		10	2
<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	F G		10	3	5	2	8						1		2	4
<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus, 1766)	G			3	1	3	5		1				2		4	2
<i>Veniliornis spilogaster</i> (Wagler, 1827)	G	MT	5					3		6	1	4		2		
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	G		2	1		1		2		1	2	2	1	2	1	2
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	G		8	2	2	4	2	2	2		2	4	3	2	1	2
<i>Celeus flavescens</i> (Gmelin, 1788)	G		6	5						1	1			1		
<i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766)	G		5	1	1		6	3		2	1		1	2	1	2
<i>Campephilus robustus</i> (Lichtenstein, 1818)	G	MT	5		2					1						

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Campephilus melanoleucos</i> (Gmelin, 1788)	F G													3	
Cariamiformes															
Cariamidae															
<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	F G	4	3	2	3	3		2	2	2	2	1	2		2
Falconiformes															
Falconidae															
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	F G	2	2	2	4	2	1	1	3	1	2	1	2	4	2
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	F G	7	3	2	3	2	2	3		2	2	1	2	1	2
<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linnaeus, 1758)	G	7		2	3	2	1	1			2	2		1	2
<i>Micrastur semitorquatus</i> (Vieillot, 1817)	G	3													
<i>Falco sparverius</i> Linnaeus, 1758	F		1	2		1				1	1	1			2
<i>Falco femoralis</i> Temminck, 1822	F		3					1						3	
Psittaciformes															
Psittacidae															
<i>Primolius maracana</i> (Vieillot, 1816)	G AM											2			
<i>Psittacara leucophthalmus</i> (Statius Muller, 1776)	F G	16	14	16	20	26		1				3		32	12
<i>Aratinga auricapillus</i> (Kuhl, 1820)	G													14	
<i>Eupsittula aurea</i> (Gmelin, 1788)	F G				24			4				1			10
<i>Pyrrhura frontalis</i> (Vieillot, 1817)	F G MT										30				
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	F	18	4		6	6	2		2			4	4		4
<i>Brotogeris tirica</i> (Gmelin, 1788)	F MT											5			
<i>Brotogeris chiriri</i> (Vieillot, 1818)	F G		18		10	22		1			5			6	20
<i>Pionus maximiliani</i> (Kuhl, 1820)	F G					11	2		4			1	6		
<i>Amazona amazonica</i> (Linnaeus, 1766)	G AM													6	
<i>Amazona aestiva</i> (Linnaeus, 1758)	F G	2				4		3							
Passeriformes															
Thamnophilidae															
<i>Formicivora rufa</i> (Wied, 1831)	G	1	8												2
<i>Dysithamnus mentalis</i> (Temminck, 1823)	G	18		2			4		10		2		4	2	
<i>Herpsilochmus atricapillus</i> Pelzeln, 1868	G					14						1		35	6
<i>Herpsilochmus longirostris</i> Pelzeln, 1868	G AM CE				12										
<i>Thamnophilus doliatus</i> (Linnaeus, 1764)	F G		4	2	6	10		2				3		15	4
<i>Thamnophilus ruficapillus</i> Vieillot, 1816	G	4								2	2				
<i>Thamnophilus torquatus</i> Swainson, 1825					1										
<i>Thamnophilus pelzelni</i> Hellmayr, 1924	G	8	23		4	23		2						22	6
<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	G	37	2	4		4	6		6	4	6	4	4		
<i>Taraba major</i> (Vieillot, 1816)	G		2			5						4		3	2

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon			An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Hypoedaleus guttatus</i> (Vieillot, 1816)	G	MT					11									
<i>Batara cinerea</i> (Vieillot, 1819)	G											2				
<i>Mackenziaena leachii</i> (Such, 1825)	G	MT	2									1				
<i>Mackenziaena severa</i> (Lichtenstein, 1823)	G	MT	8					2						2		
<i>Pyriglena leucoptera</i> (Vieillot, 1818)	G	MT						6		8	6	6		2		
<i>Drymophila ferruginea</i> (Temminck, 1822)	G	MT	1							1						
<i>Drymophila rubricollis</i> (Bertoni, 1901)		MT										1				
<i>Drymophila malura</i> (Temminck, 1825)	G	MT	8		2			2			2	1		4		
Conopophagidae																
<i>Conopophaga lineata</i> (Wied, 1831)	F G		16	6	2		4	2		4	2	2		2	4	
Rhinocryptidae																
<i>Eleoscytalopus indigoticus</i> (Wied, 1831)	G	MT	14													
<i>Psilorhamphus guttatus</i> (Ménétrières, 1835)	G	MT						2			1					
Formicariidae																
<i>Chamaeza campanisona</i> (Lichtenstein, 1823)	G									6						
Scleruridae																
<i>Sclerurus scansor</i> (Ménétrières, 1835)	G	MT	1													
Dendrocolaptidae																
<i>Sittasomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	G		12				15	6		4		1		6		
<i>Xiphorhynchus fuscus</i> (Vieillot, 1818)	G	MT	8					3		4		1		2		
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818)	F G			1	3	10			3				4	1	3	4
<i>Lepidocolaptes falcinellus</i> (Cabanis & Heine, 1859)		MT										1				
<i>Campylorhamphus falcularius</i> (Vieillot, 1822)	G	MT								1						
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i> Spix, 1825	G		2				2			4		3				
Xenopidae																
<i>Xenops rutilans</i> Temminck, 1821			1				2			3						
Furnariidae																
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	F G		4	2	2	2	2			2		4	4	2	2	2
<i>Lochmias nematura</i> (Lichtenstein, 1823)	G											2		1		
<i>Automolus leucophthalmus</i> (Wied, 1821)	G	MT	15	5		2	11	4		12	1			2		
<i>Syndactyla rufosuperciliata</i> (Lafresnaye, 1832)	G										1	4				
<i>Leptasthenura setaria</i> (Temminck, 1824)	G	MT								1		2				
<i>Phacellodomus ferrugineigula</i> (Pelzeln, 1858)		MT			2						1			2		
<i>Anumbius annumbi</i> (Vieillot, 1817)																1
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)	G		1			2			1				1	2		2
<i>Synallaxis ruficapilla</i> Vieillot, 1819	G	MT	21		4			4		6	2	5		4		
<i>Synallaxis frontalis</i> Pelzeln, 1859	G			15		12	8		1				4		18	8
<i>Synallaxis albescens</i> Temminck, 1823	G					6			2				1			4

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Synallaxis spixi</i> Sclater, 1856	G	5		3	5		3		2	1	4		2		2
<i>Cranioleuca vulpina</i> (Pelzeln, 1856)	G				1										2
<i>Cranioleuca pallida</i> (Wied, 1831)	G MT						1		6	2	6				
Pipridae															
<i>Manacus manacus</i> (Linnaeus, 1766)	F							2							
<i>Chiroxiphia caudata</i> (Shaw & Nodder, 1793)	G MT	49					12		14	3	6		10		
<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein, 1823)	F G CE		22		20			5							6
Tityridae															
<i>Schiffornis virescens</i> (Lafresnaye, 1838)	G MT	14					8		6	1	3		4		
<i>Tityra inquisitor</i> (Lichtenstein, 1823)						1									
<i>Tityra cayana</i> (Linnaeus, 1766)												1	1		
<i>Pachyramphus castaneus</i> (Jardine & Selby, 1827)	G								1						
<i>Pachyramphus polychopterus</i> (Vieillot, 1818)	G	12		1		1	1	2							
<i>Pachyramphus validus</i> (Lichtenstein, 1823)	G	4	2				1		2	2	2	1	2		
Cotingidae															
<i>Carpornis cucullata</i> (Swainson, 1821)	G MT										3				
<i>Pyroderus scutatus</i> (Shaw, 1792)	F AM MT	4					1								
<i>Procnias nudicollis</i> (Vieillot, 1817)	G AM MT	13					8				6		2		
Platyrinchidae															
<i>Platyrinchus mystaceus</i> Vieillot, 1818	F G	14	2	1		2	3		5	2	2		4		
Rhynchocyclidae															
<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi, 1846	G	3	4	1	4	10	1		2			1	2	3	2
<i>Corythopsis delalandi</i> (Lesson, 1830)	F G	38			2	6	10		5				3		
<i>Phylloscartes ventralis</i> (Temminck, 1824)	G								2		2				
<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix, 1825)	G	15		2	3		2	1	8	2	3		4		
<i>Todirostrum poliocephalum</i> (Wied, 1831)	G MT	7		1			3		10	1			3		
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	G	3	2	2	2	6		1				2	2	9	4
<i>Poecilotriccus plumbeiceps</i> (Lafresnaye, 1846)	G	1		1					2	1	4				
<i>Poecilotriccus latirostris</i> (Pelzeln, 1868)	G											4			
<i>Myiornis auricularis</i> (Vieillot, 1818)	G MT	12		2		8	4					1		2	
<i>Hemitriccus diops</i> (Temminck, 1822)	F MT								5						
<i>Hemitriccus orbitatus</i> (Wied, 1831)	G MT	11				2	6						4		
<i>Hemitriccus nidipendulus</i> (Wied, 1831)	G MT	2								1	1		1		
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	G		6	4		4									
Tyrannidae															
<i>Hirundinea ferruginea</i> (Gmelin, 1788)	F										1	1			

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Euscarthmus meloryphus</i> Wied, 1831	F		12			5									
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	G	9	10	2	2	3	3	4	6	2	2	5	4	1	2
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	G	10	6	2	3	2	4	2	2	4	6	2	2	2	2
<i>Elaenia parvirostris</i> Pelzeln, 1868	G			2							6			2	
<i>Elaenia mesoleuca</i> (Deppe, 1830)	G					1	6				12				
<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln, 1868	G	AM			3										
<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence, 1865	G		2		8			7		2	4				
<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	G	15	15	3	2	2		1	1	4			2		
<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson, 1835)	G					2									
<i>Myiopagis viridicata</i> (Vieillot, 1817)						1									
<i>Capsiempis flaveola</i> (Lichtenstein, 1823)	G		2				2							3	
<i>Phaeomyias murina</i> (Spix, 1825)	G	4	15			2		2		2			2	3	
<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg, 1822)	G					1									
<i>Serpophaga subcristata</i> (Vieillot, 1817)	G	2	1	1	3	2		2			3		1	1	2
<i>Legatus leucophaius</i> (Vieillot, 1818)	G						2								
<i>Myiarchus swainsoni</i> Cabanis & Heine, 1859	G	10	2			10	6	1	4	2	6		6		
<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789)	G	5	3	2	4	4	2	2	1	4	1	5	2	14	4
<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Statius Muller, 1776)	G	3	2		10	3		3		1		1	2	2	8
<i>Casiornis rufus</i> (Vieillot, 1816)		1	2												
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	F G	8	2	4	5	2	4	2	4	3	6	4	4	8	6
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	F G	4	2	2			2				2	1	2		2
<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller, 1776)	G	13	8		8	13	3	3	6	2	1	5	4	5	
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	G	7	6	2	6	2	2	4	1		1	4	3	4	4
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	G	4	2	2	4	2	1	1				1	2		3
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	F G	10	6	4	8	2	4	6	6	8	8	4	4	4	4
<i>Tyrannus savana</i> Daudin, 1802	F G	6	2	6	1		2	1	5	3	4	1	2		
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	G	4	8		2		1	2	2	3		3	2		
<i>Colonia colonus</i> (Vieillot, 1818)	F G	3		2	1	3		1	3			1	2	6	2
<i>Myiophobus fasciatus</i> (Statius Muller, 1776)	G	3	4	1	2	2	2	2		2	3		1	1	2
<i>Pyrocephalus rubinus</i> (Boddaert, 1783)	F														1
<i>Fluvicola nengeta</i> (Linnaeus, 1766)	F				3										2
<i>Arundinicola leucocephala</i> (Linnaeus, 1764)	F	3						1							2
<i>Gubernetes yetapa</i> (Vieillot, 1818)	F G	CE				1		2				2	2		4
<i>Cnemotriccus fuscatus</i> (Wied, 1831)	G		12			12		1				1		2	
<i>Lathrotriccus eulerei</i> (Cabanis, 1868)	G	15	10	2	2	12	8		6	1			4	1	
<i>Knipolegus nigerrimus</i> (Vieillot, 1818)	F	MT									6				
<i>Satrapa icterophrys</i> (Vieillot, 1818)													2		

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Xolmis cinereus</i> (Vieillot, 1816)	F G			2		1	1			1	2		2		2
<i>Xolmis velatus</i> (Lichtenstein, 1823)		1		2		3		2				1	2		2
<i>Muscipipra vetula</i> (Lichtenstein, 1823)	G MT										2				
Vireonidae															
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	G	17	4	4	6	11	3	4	10	4	8	7	6	5	6
<i>Hylophilus amaurocephalus</i> (Nordmann, 1835)			2	2		2				2					
<i>Hylophilus poicilotis</i> Temminck, 1822	G MT										2				
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot, 1817)	G	11	37	3	2	23	10	3	12	4	10	1	10	1	
Corvidae															
<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck, 1823)	F G CE	8	2	10	4	5		2				1			12
<i>Cyanocorax chrysops</i> (Vieillot, 1818)	F G	22	20	6		10	10	1		3		3	20		8
Hirundinidae															
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	F G	16	6	12	4	2	4	1	10		12	2		6	12
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	F G	14	6	4	2	10	6	3	1		6	1	10	1	8
<i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817)				2								1			
<i>Progne chalybea</i> (Gmelin, 1789)	F G	7	3				4				10		12		
<i>Tachycineta albiventer</i> (Boddaert, 1783)			2										2		
<i>Tachycineta leucorrhoa</i> (Vieillot, 1817)	F					6	2	1			4				4
<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus, 1758						4									
Troglodytidae															
<i>Troglodytes musculus</i> Naumann, 1823	G	3	3	3	10	5	2	2	3	2	4	5	4	3	6
<i>Cantorchilus leucotis</i> (Lafresnaye, 1845)	G				12			4						27	8
Donacobiidae															
<i>Donacobius atricapilla</i> (Linnaeus, 1766)									2				4		
Poliopitilidae															
<i>Poliopitila dumicola</i> (Vieillot, 1817)														2	
Turdidae															
<i>Turdus flavipes</i> Vieillot, 1818	G							1			1				
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	F G	12	34	10	20	14	1	6		1	1	3	4	3	10
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	F G	11		2			2	1	8	2	14		6		
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	F G	10	6	4			2		16	2	8		2		
<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm, 1887)	G MT	4	12						2	2	3				
<i>Turdus albicollis</i> Vieillot, 1818	F G	10					12		6		6		8		
Mimidae															
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	F G	10	6	4	8	8		1			4	3	5	4	6
Motacillidae															
<i>Anthus lutescens</i> Pucheran, 1855									1				2		2

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
Passerellidae															
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	F G	12	2	10	16	2	4	4	8	16	25	5	10	3	8
<i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792)	F G	2	1		4			3	1		2	3			12
<i>Arremon flavirostris</i> Swainson, 1838	F G		8		2	4						1		3	
Parulidae															
<i>Setophaga pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	G	15	6	4	6		1	2	8	3	3		4		
<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789)	G	4	1	2			1	2	2	1	2		2		
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	F G	63	31	6	8	36	12	1	20	4	14		18		8
<i>Myiothlypis flaveola</i> Baird, 1865	F G	6	21	6	12	25		1				7		2	10
<i>Myiothlypis leucoblephara</i> (Vieillot, 1817)	G	MT	21		2		6		14	2	12		10		
<i>Myiothlypis leucophrys</i> (Pelzeln, 1868)	F	AM CE													4
Icteridae															
<i>Psarocolius decumanus</i> (Pallas, 1769)	F G	11		4			6			1			6		
<i>Icterus pyrrhopterus</i> (Vieillot, 1819)	G	1	1		5			1			1	1		3	2
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot, 1819)				6				1			4				4
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	G	8										2			
<i>Pseudoleistes guirahuro</i> (Vieillot, 1819)	F G	6		6		8		1				2	8		12
<i>Molothrus oryzivorus</i> (Gmelin, 1788)	F	3													
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	F	1	3	8	3			1	4	5	3	1	6		
<i>Sturnella supercilialis</i> (Bonaparte, 1850)	F G				1							1			6
Thraupidae															
<i>Pipraeidea melanonota</i> (Vieillot, 1819)	F G								2	1			1		
<i>Stephanophorus diadematus</i> (Temminck, 1823)	F G										8				
<i>Schistochlamys melanopsis</i> (Latham, 1790)	G	AM			1			1							
<i>Schistochlamys ruficapillus</i> (Vieillot, 1817)	F G			2							2				
<i>Tangara desmaresti</i> (Vieillot, 1819)	G	MT									22				
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	G	14	8	4	6	14	8	5	8	8	12	8	4	6	8
<i>Tangara palmarum</i> (Wied, 1821)	G				2										
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	G	16	26	4	14	10	4	3	10	8	6	2	8		12
<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert, 1783)	G		3		6	5		1						9	4
<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	G	6	6		6	12		1	2			1		31	6
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	F G	8		10			4	1			40	1	10		10
<i>Sicalis luteola</i> (Sparrman, 1789)	F G				1										4
<i>Haplospiza unicolor</i> Cabanis, 1851	G	MT									2				
<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus, 1766)	G		12		2	16		1?	6					15	
<i>Hemithraupis ruficapilla</i> (Vieillot, 1818)	G	MT	1												

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Nome do Táxon		An	As	Av	Ba	Bu	Br	Ca	It	Ip	Ir	Ma	Pa	RP	SM
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	G	15	1	20	14		1	1	4		16	5	10	7	23
<i>Eucometis penicillata</i> (Spix, 1825)	G AM				10									5	
<i>Trichothraupis melanops</i> (Vieillot, 1818)	G	11					6		8	2			4		
<i>Coryphospingus cucullatus</i> (Statius Muller, 1776)	F G		2	8	8	6		1				4	6		10
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	F G MT	14		2	1		4		5	2	2		3	2	
<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas, 1764)	G	5	1	6	3	5		1				2			6
<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)	F G	15	6	8	6		10	1	6	5	20	1	4	1	8
<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	F G	15	8		4	4	1	1	2		1			2	4
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	F G	9		2	8	8	2	1	6				4	17	
<i>Tiaris fuliginosus</i> (Wied, 1830)	G		1		2									2	
<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus, 1758)	G	4		4	2							5	2	2	4
<i>Sporophila ardesiaca</i> (Dubois, 1894)												1			
<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823)	G	10		9	4	1	1	1			50	1	4	4	4
<i>Sporophila angolensis</i> (Linnaeus, 1766)	AM									1					
<i>Embernagra platensis</i> (Gmelin, 1789)	F G AM										8				
<i>Emberizoides herbicola</i> (Vieillot, 1817)	G							3				1			5
<i>Saltatrix atricollis</i> (Vieillot, 1817)	F G AM CE							3							4
<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye, 1837	F G	3	3			2	3	1	18	4	10		4	2	
<i>Saltator fuliginosus</i> (Daudin, 1800)	G MT	14					1								
<i>Microspingus cabanisi</i> Bonaparte, 1850	G										8				
<i>Thypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	G	2			2	3			6				2	15	
Cardinalidae															
<i>Piranga flava</i> (Vieillot, 1822)	F				1			1							
<i>Habia rubica</i> (Vieillot, 1817)	G	28		4			8		8				4		
<i>Amaurospiza moesta</i> (Hartlaub, 1853)	AM MT								1						
<i>Cyanoloxia glaucocerulea</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	F										1				
<i>Cyanoloxia brissonii</i> (Lichtenstein, 1823)	G AM	1											1		
Fringillidae															
<i>Spinus magellanicus</i> (Vieillot, 1805)	F G	8		12			5		6		14		10		
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	G	7	8	2	20	16	2	3	5	2		4	4	5	4
<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758)	G	2						1						1	
Estrildidae															
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)														8	
Passeridae															
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	F		3	8					6			1	6		6

Tabela 3. Variáveis consideradas para a avifauna por área protegida, riqueza, número de espécies ameaçadas de extinção, espécies restritas ao Domínio da Mata Atlântica e espécies restritas ao Domínio do Cerrado.

Table 3. Variables considered for avifauna by protected area, species richness, number of threatened species, species restricted to Atlantic Forest Domain and to Cerrado Domain.

	Riqueza	Espécies Ameaçadas	Mata Atlântica	Cerrado
E. Ec. Angatuba	188	3	31	1
E. Ec. Assis	136	2	3	2
E. Ec. Avaré	115	0	8	1
F. E. Batatais	117	5	3	3
E. Ec. Bauru	136	2	5	2
E. Ex. Buri	114	2	24	0
F. E. Cajuru	131	4	1	4
E. Ec. Itaberá	111	2	20	0
E. Ec. Itapeva	94	1	17	0
E. Ex. Itararé	140	3	28	0
E. Ec. Marília	125	3	2	2
E. Ec. Paranapanema	151	3	19	1
E. Ec. Ribeirão Preto	104	2	2	0
E. Ec. Santa Maria	120	3	0	5

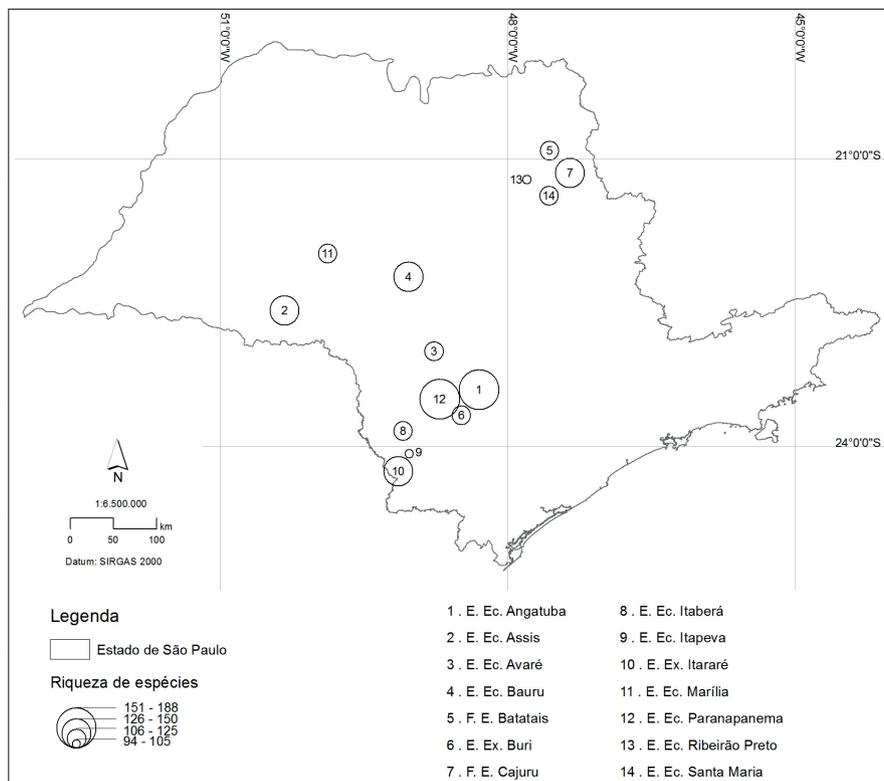


Figura 2. Riqueza de espécies de aves registrados para 14 áreas protegidas do interior do estado de São Paulo.

Figure 2. Bird species richness recorded in 14 protected area, in the state of São Paulo, southeastern Brazil.

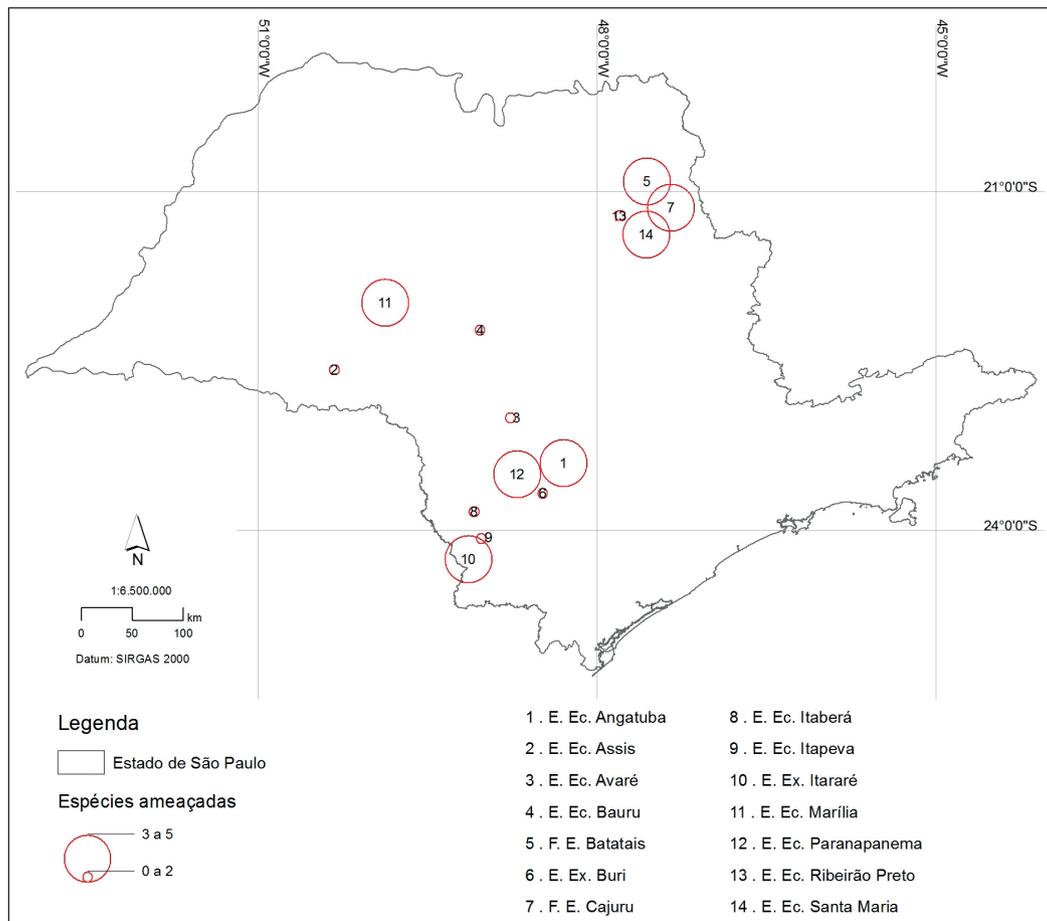


Figura 3. Número de espécies ameaçadas encontrado por área protegida.

Figure 3. Number of threatened bird species recorded in 14 protected areas in the state of São Paulo, southeastern Brazil.

A análise da similaridade na composição das assembleias de aves entre as áreas revelou a existência de dois grandes grupos, formados por localidades ao norte e oeste (Grupo 1) e ao sul (Grupo 2) das Cuestas Basálticas (Figuras 4 e 5). Os valores de correlação cofenética variaram entre 8,24 (par Buri-Itapeva) e 11,25 (grupos 1 e 2). No grupo 2, Itapeva é a única área de Cerrado e apresentou maior similaridade com a Floresta Estacional de Buri, apesar de estar geograficamente mais próxima das localidades de Floresta Ombrófila Mista. Itapeva não apresentou espécies de aves exclusivas do Domínio do Cerrado, mesmo sua flora sendo característica deste Domínio (Cielo-Filho et al., 2012). No grupo 1, duas áreas de Cerrado, Cajuru e Santa Maria, apresentaram maior similaridade, mas para as demais ocorreram pareamentos entre áreas de

Cerrado e Floresta Estacional. Silva e Casteleti (2005) consideram as florestas estacionais como um largo cinturão de transição entre as florestas ombrófilas da Mata Atlântica e os domínios adjacentes, destacando que, apesar da escassez de espécies endêmicas, elas são de enorme valor ecológico e evolutivo por possibilitarem interações complexas entre biotas com histórias distintas. As áreas florestais e de Cerrado não diferiram significativamente quanto à riqueza ($U = 22$ $p = 0,79$) e nem quanto ao número de espécies ameaçadas encontrado ($U = 15$ $p = 0,24$). Também não diferiram quanto ao número médio de espécies restritas à Mata Atlântica ($U = 11,50$ $p = 0,16$) ou ao Cerrado ($U = 12$ $p = 0,12$). Associados à análise de similaridade, estes resultados podem indicar a natureza ecotonal de algumas localidades.

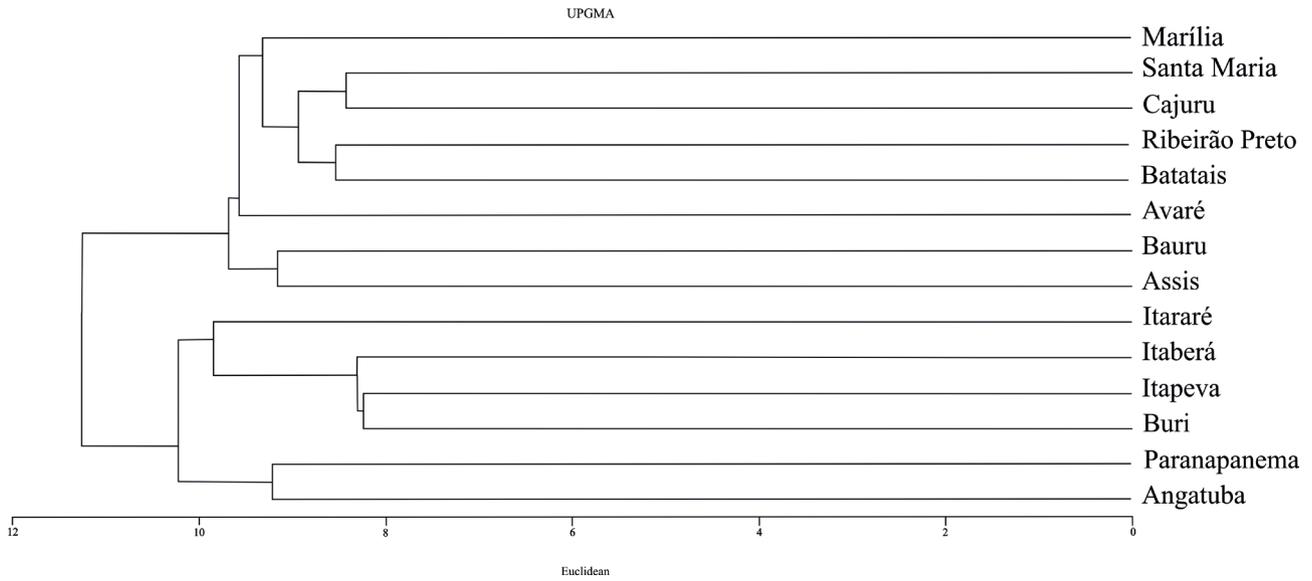


Figura 4. Valores de distância entre a composição da avifauna nas áreas protegidas amostradas, utilizando o método UPGMA e o coeficiente de Distância Euclidiana.

Figure 4. Distance values between bird composition of sampled protected areas in the state of São Paulo, southeastern Brazil, using the UPGMA method and the Euclidean Distance Coefficient.

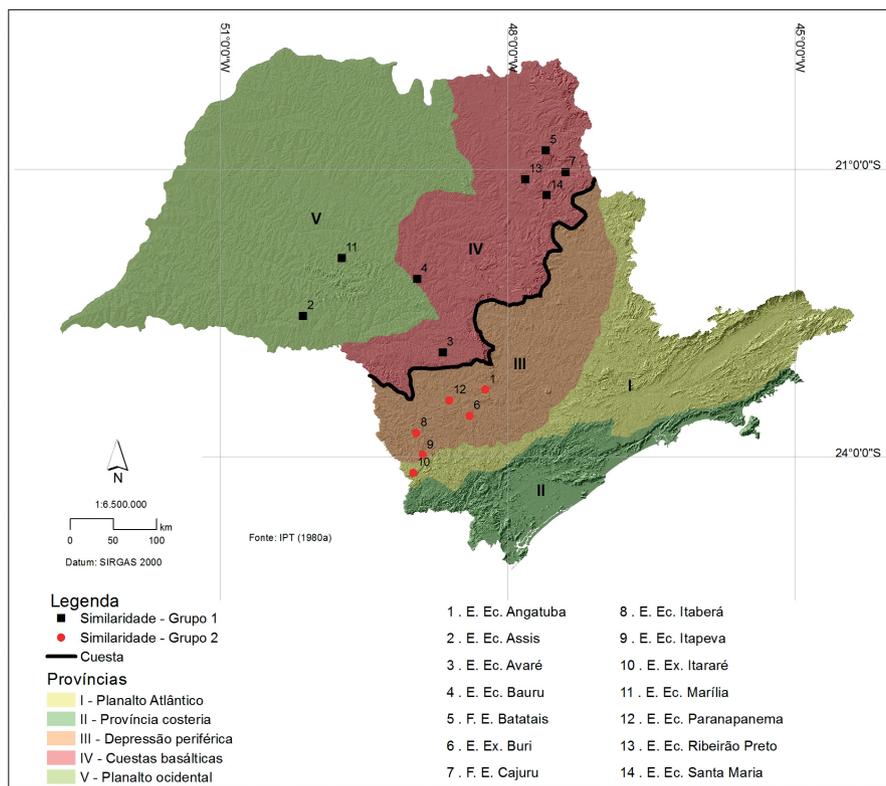


Figura 5. Distribuição das áreas amostradas em relação aos grupos principais quanto à similaridade na composição de espécies de aves.

Figure 5. Distribution of sampled areas in the state of São Paulo, southeastern Brazil, in relation to the main groups on the similarity in the composition of bird species.

Entre as variáveis independentes, o esforço amostral parece ser o principal fator a influenciar nos valores de riqueza e de espécies ameaçadas encontrados por área, pois está diretamente associado à probabilidade de registrar espécies discretas e/ou que ocorrem em baixas densidades (Tabela 4). Nos casos de espécies ameaçadas e restritas ao Cerrado, o número de fitofisionomias presentes também parece ser relevante. Provavelmente, por ser constituído por três biomas distintos (Batalha et al., 2010), o Cerrado favorece maior especificidade de habitat em suas espécies restritas em relação às típicas de Mata Atlântica. Assim, quanto maior o número de fitofisionomias presentes maior a chance de detecção de espécies restritas ao Cerrado. Santa Maria, a localidade que apresentou cinco das seis espécies restritas, evidencia este fator, já que *Antilophia galeata* (Lichtenstein, 1823) e

Myiothlypis leucophrys (Pelzeln, 1868) ocorrem exclusivamente nas matas ciliares, *Saltatricula atricollis* (Vieillot, 1817) é do cerrado típico, *Gubernetes yetapa* (Vieillot, 1818) está restrita a brejos com vegetação herbáceo-arbustiva e *Cyanocorax cristatellus* (Temminck, 1823) é generalista, sendo assinalada em cerrados típicos, cerradões e áreas antropizadas com arbustos e árvores isoladas. Cabe destacar que metade dessas espécies, consideradas restritas ao Cerrado, na verdade são formas florestais. Além das citadas anteriormente, *Herpsilochmus longirostris* Pelzeln, 1868 ocorre em matas ciliares, matas decíduas e cerradões (Willis e Oniki, 2003). Silva e Santos (2005) consideraram a avifauna do Cerrado como sendo uma avifauna predominantemente florestal, vivendo em um domínio coberto por savanas, já que 72% das espécies utilizam fitofisionomias florestais.

Tabela 4. Correlação entre as variáveis independentes (colunas) e dependentes (linhas), para a avifauna de 14 áreas protegidas no interior do estado de São Paulo.

Table 4. Correlation between the independent variables (columns) and dependent variables (lines) to avifauna of 14 protected areas in the state of São Paulo, southeastern Brazil.

	Área (ha)	Número de Fitofisionomias	Esforço Amostral (h)
Riqueza	rs = -0,24 p = 0,39	rs = 0,41 p = 0,14	rs = 0,61 p = 0,019
Número de Espécies Ameaçadas	rs = -0,09 p = 0,73	rs = 0,55 p = 0,041	rs = 0,75 p = 0,0018
Número de Espécies Restritas à Mata Atlântica	rs = 0,03 p = 0,91	rs = -0,12 p = 0,66	rs = -0,016 p = 0,95
Número de Espécies Restritas ao Cerrado	rs = -0,21 p = 0,46	rs = 0,55 p = 0,041	rs = 0,49 p = 0,07

As espécies restritas ao Domínio Mata Atlântica ocorrem no interior ou na borda de florestas, com exceção de *Knipolegus nigerrimus* (Vieillot, 1818) que é restrita aos campos de altitude e rupestres (Willis e Oniki, 2003). *Leptasthenura setaria* (Temminck, 1824) é dependente da presença do pinheiro-brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, nativo ou cultivado (Antunes et al., 2007). Ribeiro et al. (2013) consideram que para Itaberá a classificação mais adequada seja a de Floresta em Transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta

Estacional Semidecidual, já que *A. angustifolia* não domina mais a fitofisionomia desta Estação Ecológica. Isto deve se aplicar também a Itararé.

O número de espécies ameaçadas de extinção apresentou correlação significativa com o número de espécies restritas ao Cerrado (rs = 0,55 p = 0,037). Este domínio teve sua área original drasticamente reduzida no estado de São Paulo e um maior número de espécies ameaçadas regionalmente estão a ele associadas (Willis e Oniki, 1992; Durigan et al., 2006).

A riqueza local apresentou baixa correlação com o número de espécies ameaçadas ($r_s = 0,50$ $p = 0,06$), com o número de espécies com distribuição restrita ao Domínio da Mata Atlântica ($r_s = 0,21$ $p = 0,46$) e com o número de espécies com distribuição restrita ao Domínio do Cerrado ($r_s = 0,36$ $p = 0,20$). O número de espécies com distribuição restrita ao Domínio da Mata Atlântica apresentou baixa correlação com o número de espécies ameaçadas ($r_s = -0,22$ $p = 0,44$) e esteve negativamente correlacionado com o número de espécies restritas ao Domínio do Cerrado ($r_s = -0,69$ $p = 0,006$).

Remsen (1994) indicou os principais problemas em comparar a riqueza de aves entre áreas com esforços amostrais distintos e com tipos fitofisionômicos diferentes. A comparação entre os valores de riqueza obtidos no presente estudo só seria possível com a padronização do esforço amostral. Outro fator importante é a variação sazonal na detecção de espécies migratórias, as áreas foram visitadas em períodos distintos do ano. Contudo, mesmo considerando estas variáveis, as Estações Ecológicas amostradas não diferiram significativamente das outras quatro áreas em relação ao número de espécies ameaçadas de extinção ($U = 8$ $p = 0,08$), restritas ao Domínio da Mata Atlântica ($U = 17,50$ $p = 0,72$) e restritas ao Cerrado ($U = 19$ $p = 0,88$).

4 CONCLUSÕES

Somadas, as áreas protegidas estudadas representam apenas 0,056% da superfície continental do estado de São Paulo, 139 km² de 248.209 km². Como dito anteriormente, boa parte de sua vegetação está em regeneração e efetuamos apenas levantamentos expeditos da avifauna. Surpreendentemente, a riqueza encontrada corresponde a 41% do total de 824 espécies de aves registradas no estado de São Paulo (Figueiredo, 2016), incluindo 12% do total de 171 espécies ameaçadas (São Paulo, 2014).

As Estações Experimentais e Florestas Estaduais amostradas apresentaram valores similares aos obtidos para as Estações Ecológicas em relação ao número de espécies ameaçadas de extinção, restritas ao Domínio da Mata Atlântica e restritas ao Domínio do Cerrado. Consideramos que em relação à preservação das aves isto justificaria a recategorização das Florestas Estaduais de Batatais e Cajuru e das Estações Experimentais de Buri e Itararé em unidades de conservação mais restritivas como são as Estações Ecológicas.

5 AGRADECIMENTOS

Aos gestores das Unidades de Conservação amostradas pelo apoio logístico; à Comissão Técnico-Científica do Instituto Florestal por autorizar a execução do projeto, Processo SMA 1516736-008.500/0, e aos dois revisores anônimos pelas críticas e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, A.Z. Alterações na composição da comunidade de aves ao longo do tempo em um fragmento florestal no sudeste do Brasil. *Ararajuba*, v. 13, n. 1, p. 47-61, 2005.

_____. et al. Distribuição de *Leptasthenura setaria* (Temminck, 1824) (Aves: Furnariidae) no Estado de São Paulo. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v7n1>>. Acesso em: 16 maio 2016.

AYRES, M. et al. **BioEstat 5.0** – aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Brasília, DF: CNPq, 2010. 290 p.

BATALHA, M.A.; CIANCIARUSO, M.V.; MOTTA-JÚNIOR, J.C. Consequences of simulated loss of open cerrado areas to bird functional diversity. *Natureza & Conservação*, v. 8, n. 1, p.34-40, 2010.

BENCKE, G.A. et al. (Org.). **Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: parte I - Estados do Domínio da Mata Atlântica**. São Paulo: SAVE Brasil, 2006. 494 p.

BIBBY, J.C.; BURGESS, N.D.; HILL, D.A. **Bird census techniques**. London: Academic Press, 1992. 253 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Brasília, DF, 2000. 32 p.

CAVARZERE, V.; MORAES, G.P.; DONATELLI, R.J. Avifauna da Estação Ecológica dos Caetetus, interior de São Paulo, Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 49, p. 477-485, 2009.

CIELO-FILHO, R. et al. Floristic aspects of the Itapeva Ecological Station, SP: a protected area in the southern limit of the Cerrado biome. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 147-166, 2012.

DEAN, W. **A ferro e fogo – a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. 484 p.

DEVELEY, P.F.; CAVANA, D.D.; PIVELLO, V.R. Caracterização de grupos biológicos do cerrado Pé-do-Gigante – Aves. In: PIVELLO, V.R.; VARANDA, E.M. (Org.). **O cerrado Pé-do-Gigante: ecologia e conservação**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2005. p. 121-134.

DIAS, M.M. Avifauna das Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luiz Antônio, São Paulo, Brasil. In: SANTOS, J.E.; PIRES, J.S.R. (Org.). **Estudos integrados em ecossistemas – Estação Ecológica de Jataí**. São Carlos: Rima, 2000. v. 1, p. 285-301.

DURIGAN, G. et al. Seleção de fragmentos prioritários para a conservação do Cerrado no Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, n. 1, p. 23-37, 2006.

FIEKER, C.Z.; REIS M.G.; DIAS-FILHO, M.M. Structure of bird assemblages in dry and seasonally flooded grasslands in Itirapina Ecological Station, São Paulo state. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 91-101, 2013.

FIGUEIREDO, L.F.A. **Lista de aves do estado de São Paulo**. Versão: 15/1/2016. Disponível em: <www.ceo.org.br>. Acesso em: 2 maio 2016.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Unidades de Conservação**. 2016a. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/unidades-de-conservacao/>>. Acesso em: 6 maio 2016.

_____. **Planos de Manejo**. 2016b. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/>>. Acesso em: 6 maio 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2013 - 2014 (Relatório Técnico)**. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_20132014_relatorio_tecnico_2015.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Unidades de Conservação**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

KOVACH, W. L. **MVSP – a multi-variate statistical package for Windows**, ver. 3.1. Penthaeth: Kovach Computing Services, 1999.

KRONKA, F. J. N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, 2005. 200 p.

LUCINDO, A.S. et al. Birds at Santa Bárbara Ecological Station, one of the last Cerrado remnants in the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 4, p. 1-15. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v15n4/1676-0603-bn-1676-0603-2014-0155.pdf>> Acesso em: 6 maio 2016.

MOTTA-JÚNIOR, J.C.; GRANZINOLLI, M.A.M.; DEVELEY, P.F. Aves da Estação Ecológica de Itirapina, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 207-227, 2008.

PIACENTINI, V.Q. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, n. 2, p. 91-298, 2015.

POZZA, D.D.; PIRES, J.R.S. Bird communities in two fragments of semideciduous forest in rural São Paulo state. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 2, p. 307-319, 2003.

REMSSEN, J.V. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. **Auk**, v. 111, n. 1, p. 225-227, 1994.

RIBEIRO, T.M. et al. Mixed rain forest in southeastern Brazil: tree species regeneration and floristic relationships in a remaining stretch of forest near the city of Itaberá, Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 27, n. 1, p. 71-86, 2013.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 60.133, de 7 de fevereiro de 2014. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas, as quase ameaçadas e as deficientes de dados para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 124, n. 27, 8 fev. 2014. Seção I, p. 25-32.

_____. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. Período 2008-2009**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/sifesp/files/2013/12/mapainventario.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Áreas protegidas**. 2016a. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protegidas/>>. Acesso em: 6 maio 2016.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Planos de Manejo e Gestão**. 2016b. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/planos-manejo-gestao/>>. Acesso em: 6 maio 2016.

SILVA, J.M.C.; CASTELETI, C.H.M. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDO LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (Ed.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. p. 43-59.

_____; SANTOS, M.P.D. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 219-233.

TELLES, M.; DIAS, M.M. Bird communities in two fragments of Cerrado in Itirapina, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 537-550, 2010.

XAVIER, A.F.; BOLZANI, B.M.; JORDÃO S. Unidades de conservação da natureza no estado de São Paulo. In: RODRIGUES, R.R.; BONONI, V.L.R. (Org.). **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. p. 23-42.

WILLIS, E.O. The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, p. 1-25, 1979.

_____; ONIKI, Y. Levantamento preliminar de aves em treze áreas do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 41, n. 1, p. 121-135, 1981.

_____. Losses of São Paulo birds are worse in the interior than in Atlantic forests. **Ciência e Cultura**, v. 44, n. 5, p. 326-328, 1992.

_____. **Aves do Estado de São Paulo**. Rio Claro: Divisa, 2003. 398 p.

**PLANTIOS FLORESTAIS COM PINUS NO ESTADO DO PARANÁ E
OS NOVOS CENÁRIOS DEFINIDOS PELAS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS¹**

**NEW SCENARIOS OF THE REGIONS WITH THE POTENTIAL FOR
FOREST PLANTATIONS WITH PINUS IN PARANÁ STATE ON
GLOBAL CLIMATE CHANGE**

Marcos Silveira WREGE^{2,5}; Paulo Henrique CARAMORI³;
Marilice Cordeiro GARRASTAZU²; Elenice FRITZSONS²;
Adriane PARTALA⁴; Georgia Luize CHRISTENSEN⁴

RESUMO – O Brasil ocupa posição de destaque mundial no setor florestal, com produtividade elevada e baixo custo de produção, concentrando os plantios florestais com as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Neste trabalho, realizaram-se estudos sobre a influência das mudanças climáticas na delimitação das zonas para plantios florestais das duas principais espécies comerciais cultivadas no Brasil pertencentes ao gênero *Pinus*. Foram elaborados cenários futuros, usando um programa de simulação de séries temporais, verificando as possíveis mudanças do clima e o que pode ocorrer com as mudanças de zonas de plantio das espécies florestais. Os resultados mostram que há uma tendência de diminuição da área favorável aos plantios comerciais de *P. taeda* e de *P. elliottii* no Estado do Paraná, reduzindo dos atuais 7,4 milhões de hectares favoráveis para menos de 10 mil hectares até 2080 (*P. taeda*), e de 10,6 milhões de hectares para menos de 4,5 mil hectares até 2080 (*P. elliottii*), por serem espécies com alta produtividade em ambiente de clima frio e com o aumento de temperatura projetado para o futuro devem perder área para o eucalipto, entre outras, que tem espécies com maior produtividade em ambientes de maior temperatura.

Palavras-chave: mudanças climáticas globais; zonas de ocorrência; plantios florestais; zoneamento climático.

¹Recebido para análise em 02.09.2016. Aceito para publicação em 23.11.2016.

²Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, 83.411-000, Colombo, PR, Brasil.

³IAPAR, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, 86047-902, Londrina, PR, Brasil.

⁴Acadêmicos do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR.

⁵Autor para correspondência: Marcos Silveira Wrege – marcos.wrege@embrapa.br

ABSTRACT – Brazil is a world leader in the forestry sector, with high productivity and low costs, concentrating the forest plantations with species of the genera *Pinus* and *Eucalyptus*. In this paper, we studied the influence of global climatic changes on the delimitation of the zones for forest plantations of the two main commercial species cultivated in Brazil belonging to the genus *Pinus*. Future scenarios of climatic changes have been elaborated, using a time series simulation program, verifying the possible changes in the climate and what can happen with the changes in the areas of the forest species. The results show that there is a tendency to decrease the favorable area for commercial plantations of *P. taeda* and *P. elliottii* in the state of Paraná, reducing from the current 7.4 million hectares favorable to less than 10 thousand hectares, until 2080 (*P. taeda*), and from 10.6 million hectares to less than 4,500 hectares, until 2080 (*P. elliottii*), because they are species with high productivity in a cold climate environment and with the projected rise of temperature for the future they must lose area for eucalyptus, which has species with higher productivity in higher temperature environments.

Keywords: global climate change; species occurrence; reforestation; climatic zoning.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior área de plantios florestais no mundo, ocupando posição de destaque entre os maiores produtores de florestas plantadas, com a produção de pinus e eucalipto, destacando-se no ranking dos países com maior produtividade e competitividade internacional, principalmente no setor de papel e celulose. O Paraná está entre os estados com maior área plantada, ocupando posição privilegiada no cenário brasileiro, sendo que as principais espécies plantadas pertencem aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, 2012).

Neste trabalho, são apresentadas as zonas indicadas com os menores riscos climáticos para plantio de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no Estado do Paraná e as possíveis alterações nas delimitações das zonas favoráveis ao plantio comercial dessas espécies, considerando as mudanças climáticas globais.

No período 2005-2011, houve aumento da área plantada de florestas no Brasil de 27,9%, o que representa crescimento de 3% a. a., sendo representada por pinus (25,2%) e eucaliptos (74,8%).

O Paraná é o terceiro maior produtor, com 13,0% da área plantada no Brasil, atrás de Minas Gerais (22,7%) e São Paulo (18,2%). Em 2012, a área plantada com florestas no Brasil foi de 6.516.000 hectares, tendo-se estagnado nos últimos dois anos por vários fatores, entre os quais a crise internacional. A área plantada com pinus e eucalipto foi de 1.477.195 ha em Minas Gerais, 1.188.403 ha em São Paulo e 846.860 ha no Paraná (ABRAF, 2012).

O Brasil passou de 5º maior produtor mundial de celulose, em 2005, para o 3º maior em 2011, atrás de Estados Unidos e Canadá, correspondendo a 21% do mercado internacional de celulose, contra 9,6% em 2005. Na produção de painéis de compensado, o Brasil ficou na 8ª posição em 2011, respondendo por 6,2% do volume total transacionado internacionalmente. Em 2011, o Brasil caiu da 9ª posição para a 11ª na produção mundial de madeira serrada, perdendo posição para outros países da América do Sul, da Ásia e do Leste Europeu, detendo 1,2% da produção mundial, contra 2,0% anteriormente. No ranking internacional de custo de produção de celulose, o Brasil ocupa a 3ª posição, atrás do Uruguai e do Vietnã (ABRAF, 2012).

No Estado do Paraná, as principais espécies usadas em plantios florestais são as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, espécies com exigências muito distintas, em razão de o estado se situar em uma zona de transição climática, na faixa do trópico de Capricórnio. A transição é ainda mais intensificada devido à combinação de latitudes médias com o relevo, com a predominância de altitudes menores na região norte do Estado, favorecendo a ocorrência de temperaturas mais elevadas, e com altitudes maiores na região sul, onde as temperaturas são menores. Essa diferença também pode ser retratada nos diversos tipos de vegetação, cujas espécies têm exigências climáticas distintas, pelo fato de existir no estado o clima subtropical úmido ao sul do trópico de Capricórnio (de modo geral, nas altitudes superiores a 600 metros) e tropical ao norte do paralelo (onde também prevalecem altitudes inferiores a 600 metros). As espécies usadas para plantios florestais são também delimitadas em função das diferenças de clima, utilizando-se as espécies típicas de clima tropical (geralmente situadas no norte do estado, no Vale do Ribeira e no Litoral) e as de clima temperado (situadas no sul do estado).

As geadas têm forte relação com a temperatura mínima do ar, que tem sofrido elevação nos últimos anos, quando são analisadas as séries temporais de dados climáticos dos últimos 30 anos. Em Londrina, norte do Paraná, a temperatura mínima aumentou 1,5 °C, por exemplo, reduzindo, assim, os riscos de geadas nos últimos anos (Ricca et al., 2008), embora não os eliminando. Desse modo, a redução dos riscos de geadas e do frio podem diminuir a área disponível para uso em plantios florestais de espécies de clima temperado, como as do gênero *Pinus*, permitindo o deslocamento mais para o sul das zonas para plantio de espécies de clima tropical.

Pinus, originado na região Sudeste dos Estados Unidos, na zona de clima temperado, é um gênero com mais de 100 espécies, que se desenvolvem nos mais diversos ambientes, desde zonas de clima temperado a tropical, nas florestas boreais, subalpinas, em florestas de clima temperado, na Costa do Mediterrâneo, em locais áridos e, ainda, em montanhas de clima tropical e em Terras Baixas (Richardson e Rundel, 1998).

No Brasil, espécies do gênero *Pinus* são plantadas há mais de um século. Foi introduzido, inicialmente, para fins ornamentais. A partir de 1960, começou a ser explorado comercialmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. A partir da década de 1970, foi a principal fonte de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria florestal, abastecendo um mercado bastante diversificado. A madeira de pinus atende aos mercados de produção de laminados, de chapas, de resina, de papel e celulose. A produção de pinus foi fundamental para a substituição do uso da madeira de araucária, reduzindo a pressão pelo desmatamento desta espécie florestal nativa, favorecendo a preservação da Floresta Ombrófila Mista, onde a araucária se desenvolve. Hoje, ainda 30% das florestas plantadas para produção de papel e celulose são de pinus, produzindo material diferenciado, com qualidade superior, em relação a outras espécies (Aguilar et al., 2014). A área com plantios florestais no Paraná é de 846.860 hectares, correspondendo a 658.707 hectares plantados com pinus e 188.153 hectares com eucalipto (ABRAF, 2012).

Duas espécies de pinus têm potencial para plantio no Paraná nas regiões mais frias, sendo as mais plantadas *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, a diminuição dos riscos de geadas e do frio podem reduzir a área. Existem outras espécies de pinus, principalmente os tropicais, mas que ainda são pouco plantadas (Wrege et al., 2014).

P. taeda é indicado para plantio em zonas de clima subtropical úmido, também denominado mesotérmico, de acordo com a classificação climática de Koeppen. Desse modo, tolera as geadas, mas a temperatura mínima no ar deve ser superior a 1 °C (Higa et al., 2008). Tem maior produtividade e desenvolvimento na região Sul do Brasil, com incrementos médios anuais (IMA) de até 40 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ quando atinge os 18 anos, um dos maiores índices de produtividade, contra 10 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ nos Estados Unidos, por exemplo (Higa, 2006). O verão quente, com temperaturas maiores, e os solos de textura arenosa e de boa drenagem, favorecem o rendimento elevado de *P. taeda* na região Sul do Brasil. Além das condições ambientais extremamente favoráveis, o melhoramento genético colaborou para a obtenção dos maiores índices de produtividade (Ferreira et al., 2005).

P. taeda, além da região Sul do Brasil, também se desenvolve bem em Misiones e Corrientes, Argentina, onde encontra condições ambientais muito favoráveis ao seu crescimento, com os maiores índices de produtividade, equivalentes aos do Brasil. É a espécie de pinus com os maiores incrementos, de acordo com relatos de empresas do setor florestal presentes no Sul do país (Ferreira et al., 2005).

As variáveis climáticas que têm maior influência sobre o pinus são a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica, colaborando na definição dos limites de zonas favoráveis para plantios comerciais e nos índices de produtividade. A temperatura, principalmente a temperatura mínima do ar, pode definir os locais favoráveis para plantio, estando relacionada à ocorrência de geadas. A disponibilidade de água também é importante, principalmente devido à produtividade, com pouca interferência sobre as zonas favoráveis para os plantios comerciais. Não existe, basicamente, limitação de plantio no Paraná em razão da ocorrência de períodos de estiagens.

No Sul dos Estados Unidos, é a espécie florestal mais importante, ocupando mais de 11 milhões de hectares entre florestas nativas manejadas ou plantios comerciais. Ocorre em 14 estados do Sul dos Estados Unidos (Baker e Langdon, 1990) nas zonas de clima subtropical úmido, onde a umidade relativa é elevada e os totais pluviométricos são de 1.020 a 1.500 mm por ano. Nessas regiões, o verão é quente e o inverno é ameno, com temperaturas variando entre 13 e 24 °C (média anual). No verão, as médias de temperaturas podem chegar a 27 °C, e no inverno, entre 4 e 16 °C. As temperaturas extremas são de 38°C (temperatura máxima absoluta) e -23 °C (temperatura mínima absoluta). No Estado do Paraná, a média de temperatura mínima absoluta no mês mais frio do ano (julho) é de até -6 °C e a média de temperatura máxima absoluta no mês mais quente (dezembro) é de até 38 °C (Wrege et al., 2011). O período em que ocorrem geadas, em um ano, varia de 2 a 7 meses (Higa et al., 2008). Na região Sul do Brasil, as condições climáticas são similares às da região de origem de *P. taeda* e *P. elliottii*, prevalecendo temperaturas um pouco maiores, período de geadas um pouco menor e volumes de chuva maiores, entre 1.200 e 2.000 mm por ano (Wrege et al., 2011).

Os estudos de cenários climáticos futuros para o Paraná, elaborados conforme o 4º relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4/IPCC) (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2012), são fundamentais para estudar as possibilidades de exploração das espécies desse gênero diante das perspectivas futuras, visando auxiliar políticas públicas e as empresas do setor florestal que trabalham com pinus no Paraná, considerando-se que ainda é o gênero que detém uma das espécies mais amplamente utilizadas em plantios florestais no estado. *P. taeda* deve ser uma das espécies que sofrerão redução de área favorável, causada pelas alterações do clima, por ser uma espécie de clima temperado, com previsões de recuo na fronteira de exploração no Sul do Brasil, começando pelo Estado do Paraná, situado na zona de transição climática, junto ao Trópico de Capricórnio. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar quais são as regiões no Estado do Paraná onde *P. taeda* e *P. elliottii* podem ser plantadas e melhor se adaptar às condições ambientais locais, nas regiões com os menores riscos climáticos e verificar as alterações nas zonas de plantio com baixos riscos, diante dos cenários de mudanças climáticas globais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram usados dados climáticos de séries temporais da rede de estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR e do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR, empregando-se a série histórica com início em 1981 e término em 2010, a qual foi utilizada como referência para o período base, e séries temporais de dados climáticos projetados para cenários futuros, elaborados usando um programa de simulação estocástica, criado por Virgens Filho et al. (2011). Foram calculadas médias de temperaturas mínimas do ar, médias de temperaturas máximas do ar, temperaturas médias do ar, médias do total acumulado em um ano de precipitação pluviométrica, para o período base, de 1981 a 2010, e para os cenários futuros, representados pelas décadas de 2011-2020; 2021-2030; 2031-2040, 2041-2050; 2051-2060, 2061-2070; 2071-2080; 2081-2090 e 2091-2100. Os dados foram organizados em camadas de informações, usando sistemas de informações geográficas – SIG.

A cartografia utilizada, como o modelo de superfície do terreno (United State Geological Survey – USGS, 1999) (Figura 1) e os modelos de latitude e de longitude, estavam na escala 1:250.000, o que equivale a um espaçamento de 30 metros entre cada valor, na linha do Equador.

Os mapas de temperatura atual e futura foram elaborados utilizando-se regressão linear múltipla, correlacionando as variáveis climáticas com o modelo de superfície do terreno (altitude, em metros sobre o nível do mar) (Figura 1), a latitude e a longitude (em graus decimais). Para este fim, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{temperatura} = a + b \times \text{altitude} + c \times \text{latitude} + d \times \text{longitude}$$

Em que:

a: constante;

b: coeficiente da altitude;

c: coeficiente da latitude;

d: coeficiente da longitude.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas dos cenários climáticos futuros, previu-se a redução e o recuo nas zonas de plantio de pinus (*P. taeda* e *P. elliottii*), de acordo com os relatórios do IPCC (2012) (Tabelas 1 a 5 e Figuras 2 a 5), podendo chegar a quase 100% de redução (*P. taeda*, pior cenário) ou pouco mais de 90% (*P. taeda*, melhor cenário), ou ainda quase 60% (*P. elliottii*, pior cenário) ou pouco mais de 17% (*P. elliottii*, melhor cenário) até a década de 2080, havendo, ainda, deslocamento da zona atual em direção ao sul do estado, em zonas de maior latitude e altitude.

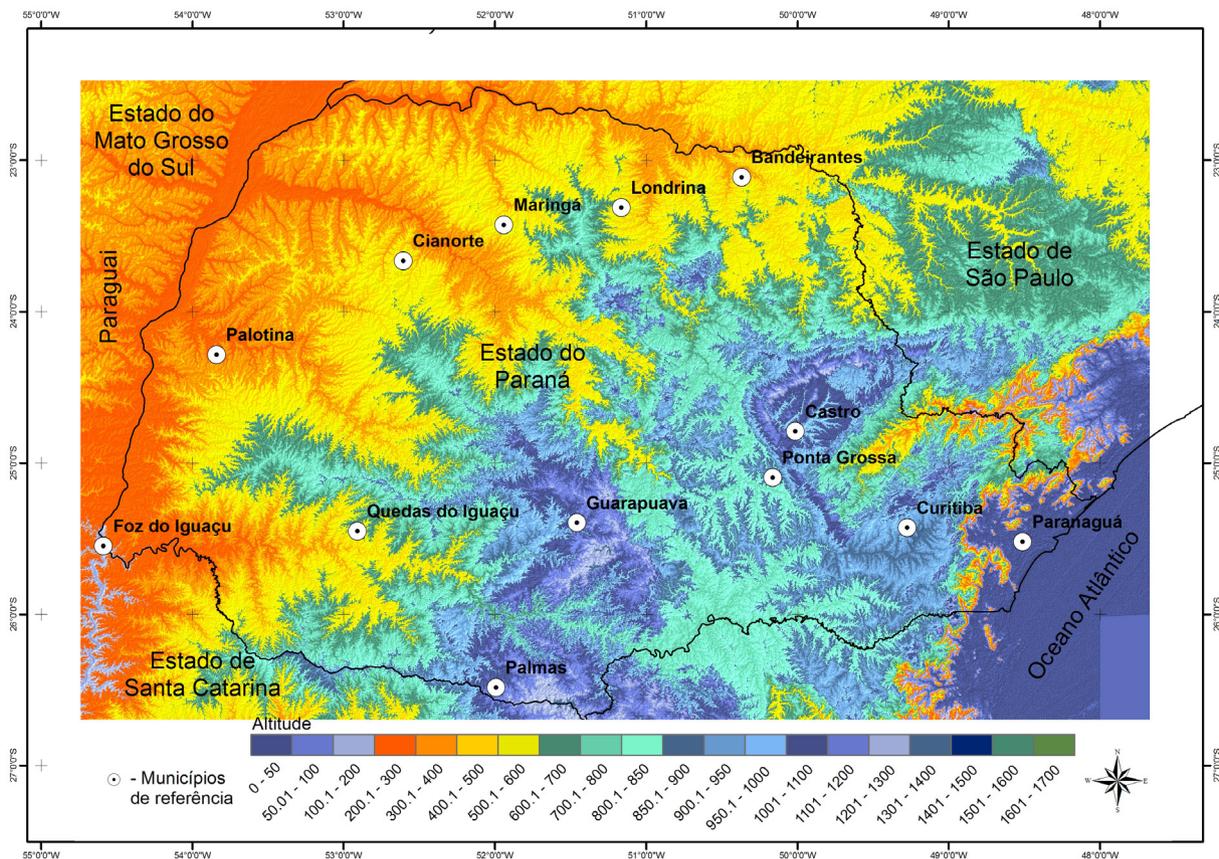


Figura 1. Modelo Numérico do Terreno – MNT do Paraná usado para interpolação dos dados de temperatura. Elaborado pelo autor a partir de dados disponíveis de Weber et al. (2004) e USGS (1999).

Figure 1. Digital Elevation Model – MNT of the state of Paraná used for interpolation of temperature. Elaborated by the author based on data available from Weber et al. (2004) and USGS (1999).

Os mapas (Figuras 2 a 5) foram elaborados com duas classes: favorável ao plantio comercial e desfavorável. A cor verde representa as áreas favoráveis ao plantio e, a branca, as desfavoráveis, devido às restrições climáticas. Os limites dessas zonas foram definidos, basicamente, pela temperatura, sendo a zona classificada como favorável (de cor verde) de clima subtropical úmido e a desfavorável (de cor branca), tropical. Inclusive o Litoral, que também se encontra na cor branca, é desfavorável para pinus devido ao excesso de chuvas, que o caracteriza como tipicamente tropical. No Litoral, as chuvas são orográficas e ocorrem com maior frequência que em outras zonas devido aos contrafortes da Serra do Mar, que bloqueiam a entrada de ventos carregados de umidade vindos do oceano em direção ao continente e colaboram para que as precipitações pluviais ocorram nas encostas da Serra do Mar. Por essa razão, em virtude do grande volume de chuvas e de sua distribuição abundante em quase todos os meses, o plantio comercial de pinus não é favorável no Litoral.

As áreas não recomendadas para o plantio de *P. taeda* são as áreas de transição, onde, embora não existam restrições do ponto de vista climático, o incremento volumétrico é inferior aos dos pinus tropicais e inferior às regiões

preferenciais e recomendadas. Essa diferença é observada principalmente nos limites naturais do Segundo Planalto Paranaense, limitado a leste pela Escarpa Devoniana e a oeste pela Escarpa da Esperança, região com grandes áreas de reflorestamento. As áreas fora dos limites da classificação não são recomendadas para plantio (Higa et al., 2008).

Nas tabelas 1 a 3 são apresentadas as equações e os valores que foram elaborados para uso nos mapeamentos do período base e dos cenários climáticos futuros. Os coeficientes podem ser usados nas equações de regressões das variáveis climáticas obtidas em função da latitude, da longitude e da altitude de cada local, para obter os mapas do estado.

O recuo da zona favorável ao plantio, de clima frio, em relação à zona desfavorável, de clima quente, ocorre devido ao aumento da temperatura do ar, principalmente a temperatura mínima. *P. taeda* é uma espécie de clima temperado, com maior rendimento nas regiões de clima subtropical úmido. Assim, ocorre um recuo na fronteira de exploração em relação à região sul, em como deve ocorrer também para outras culturas de clima temperado cultivadas no Brasil (Tabela 5).

Tabela 1. Coeficientes da equação de regressão das médias das temperaturas média, máxima e mínima do ar (°C) no Estado do Paraná (constante, coeficientes das latitudes, das longitudes e das altitudes) para o período base (1981-2010).

Table 1. Coefficients of the regression equation for mean, maximum and minimum air temperatures (°C) in the state of Paraná (constant, coefficients of latitudes, longitudes and altitudes) for the base period (1981-2010).

Coeficientes	Temperatura Média	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima
constante	18,7254	26,5170	20,8696
latitude	0,6836	0,8212	0,57180
longitude	-0,4024	-0,4384	-0,2275
altitude	-0,0045	-0,0043	-0,0053
r ²	0,82	0,89	0,82

Tabela 2. Coeficientes das equações de regressão das médias anuais das temperaturas (°C) médias, mínimas e máximas do ar no Estado do Paraná (constante, coeficientes das latitudes, das longitudes e das altitudes) para os cenários futuros mais pessimistas A2 (2011-2020, 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050, 2051-2060, 2061-2070, 2071-2080, 2081-2090 e 2091-2100).

Table 2. Coefficients of the regression equations of the mean, minimum and maximum air temperatures (°C) in the state of Paraná (constant, coefficients of latitudes, longitudes and altitudes) for the most pessimistic future scenarios A2 (2011-2020, 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050, 2051-2060, 2061-2070, 2071-2080, 2081-2090 and 2091-2100).

	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100
Temperatura média									
constante	30,1959	30,4421	30,8665	31,3413	31,6520	32,0112	32,9583	33,1828	33,2200
latitude	0,8015	0,8029	0,7914	0,8015	0,7948	0,7982	0,8028	0,8001	0,7975
longitude	-0,2639	-0,2684	-0,2638	-0,2678	-0,2673	-0,2703	-0,2631	-0,2658	-0,2724
altitude	-0,004714	-0,004698	-0,004735	-0,004724	-0,004731	-0,004699	-0,004731	-0,004716	-0,004723
r ²	0,9460	0,9449	0,9432	0,9458	0,9443	0,9445	0,9432	0,9443	0,9461
Temperatura máxima									
constante	32,9151	33,6284	33,8331	34,2801	34,6924	34,7901	35,9142	35,9881	36,3320
latitude	0,9252	0,9343	0,9126	0,9258	0,9199	0,9227	0,9268	0,9243	0,9307
longitude	-0,3719	-0,3708	-0,3657	-0,3717	-0,3697	-0,3774	-0,3668	-0,3724	-0,3770
altitude	-0,004482	-0,004435	-0,004482	-0,004473	-0,004488	-0,004444	-0,004503	-0,004465	-0,004457
r ²	0,9141	0,9136	0,9116	0,9143	0,9122	0,9118	0,9112	0,9137	0,9171
Temperatura mínima									
constante	27,4767	27,2558	27,9000	28,4025	28,6117	29,2323	30,0025	30,3775	30,1080
latitude	0,6778	0,6716	0,6703	0,6771	0,6697	0,6737	0,6788	0,6758	0,6642
longitude	-0,1560	-0,1660	-0,1619	-0,1640	-0,1649	-0,1631	-0,1593	-0,1592	-0,1678
altitude	-0,004947	-0,004961	-0,004989	-0,004975	-0,004976	-0,004954	-0,004960	-0,004967	-0,004990
r ²	0,8622	0,8595	0,8599	0,8654	0,8642	0,8618	0,8612	0,8635	0,8650

Tabela 3. Coeficientes das equações de regressão das médias anuais das temperaturas (°C) médias, mínimas e máximas do ar no Estado do Paraná (constante, coeficientes das latitudes, das longitudes e das altitudes) para os cenários futuros menos pessimistas B1 (2011-2020, 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050, 2051-2060, 2061-2070, 2071-2080, 2081-2090, 2091-2100).

Table 3. Coefficients of the regression equations of the mean, minimum and maximum air temperatures (°C) in the state of Paraná (constant, coefficients of latitudes, longitudes and altitudes) for the most pessimistic future scenarios B1 (2011- 2020, 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050, 2051-2060, 2061-2070, 2071-2080, 2081-2090 and 2091-2100).

	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100
Temperatura média									
constante	28,4973	28,5458	28,9755	29,1308	29,3176	29,4709	29,3930	29,8062	30,0951
latitude	0,8223	0,8287	0,8267	0,8337	0,8280	0,8238	0,8188	0,8253	0,8261
longitude	-0,3022	-0,3080	-0,3023	-0,3071	-0,3045	-0,3031	-0,3064	-0,3051	-0,3038
altitude	-0,004603	-0,004589	-0,004577	-0,004613	-0,004608	-0,004597	-0,004611	-0,004587	-0,004595
r ²	0,9726	0,9740	0,9720	0,9728	0,9737	0,9731	0,9737	0,9734	0,9731
Temperatura máxima									
constante	32,9567	32,5922	33,3773	33,3363	33,4886	33,6796	33,5217	33,8522	34,2471
latitude	0,9227	0,9188	0,9147	0,9285	0,9285	0,9200	0,9095	0,9184	0,9201
longitude	-0,3673	-0,3765	-0,3630	-0,3747	-0,3755	-0,3709	-0,3735	-0,3750	-0,3722
altitude	-0,004469	-0,004463	-0,004463	-0,004490	-0,004483	-0,004442	-0,004475	-0,004456	-0,004475
r ²	0,9144	0,9129	0,9150	0,9122	0,9136	0,9135	0,9109	0,9140	0,9128
Temperatura mínima									
constante	24,0379	24,4994	24,5737	24,9253	25,1467	25,2622	25,2643	25,7602	25,9431
latitude	0,7219	0,7385	0,7386	0,7388	0,7275	0,7276	0,7280	0,7322	0,7320
longitude	-0,2370	-0,2394	-0,2416	-0,2396	-0,2335	-0,2354	-0,2394	-0,2352	-0,2355
altitude	-0,004737	-0,004715	-0,004692	-0,004736	-0,004733	-0,004753	-0,004746	-0,004719	-0,004716
r ²	0,9007	0,9040	0,9007	0,9032	0,9046	0,9030	0,9028	0,8997	0,9021

Tabela 4. Rede de estações meteorológicas do IAPAR com médias de precipitação pluviométrica acumulada por ano (mm) projetadas para cenários climáticos futuros (décadas de 2030, 2050, 2070 e 2090).

Table 4. IAPAR weather stations network with averages of accumulated rainfall per year (mm) projected for future climatic scenarios (decades 2030, 2050, 2070 and 2090).

Município	Latitude	Longitude	Altitude	2030	2050	2070	2090
Apucarana	-23,50	-51,53	746	1919,17	2059,70	2203,36	2277,93
Bandeirantes	-23,10	-50,35	440	1564,95	1751,52	1865,39	2044,68
B. V. do Paraíso	-22,95	-51,20	600	1661,52	1755,24	1935,93	2177,63
Cambará	-23,00	-50,03	450	1598,13	1722,40	1867,68	1975,29
Cascavel	-24,88	-53,55	760	2258,03	2406,67	2573,62	2839,06
Cerro Azul	-24,82	-49,25	360	1548,97	1699,75	1867,29	1975,09
Cianorte	-23,67	-52,58	530	1817,97	1999,59	2212,92	2337,98
Clevelândia	-26,42	-52,35	930	2292,70	2546,09	2664,46	2869,39
Fernandes Pinheiro	-25,45	-50,58	893	1800,43	1886,98	2051,79	2267,02
Francisco Beltrão	-26,08	-53,07	650	2361,78	2479,34	2665,37	2893,61
Guarapuava	-25,35	-51,50	1058	2092,35	2280,36	2452,40	2615,09
Guaraqueçaba	-25,27	-48,53	40	2688,18	2869,56	3070,93	3333,73
Ibiporã	-23,27	-51,02	484	1670,88	1737,06	1921,11	2095,19
Joaquim Távora	-23,50	-49,95	512	1616,71	1733,16	1893,20	2011,31
Laranjeiras do Sul	-25,42	-52,42	880	2255,19	2511,66	2696,11	2853,47
Londrina	-23,37	-51,17	585	1864,56	2021,83	2097,29	2241,13
Morretes	-25,50	-48,82	59	2263,01	2388,11	2544,23	2717,34
Nova Cantu	-24,67	-52,57	540	2176,71	2295,35	2430,89	2727,37
Palmas	-26,48	-51,98	1100	2293,51	2465,82	2689,09	2941,16
Palotina	-24,30	-53,92	310	1808,54	2013,23	2203,02	2360,74
Paranavaí	-23,08	-52,43	480	1608,84	1818,29	1873,92	1983,81
Pato Branco	-26,12	-52,68	700	2284,78	2584,41	2679,49	2942,01
Pinhais	-25,42	-49,13	930	1619,22	1761,94	1907,40	2037,41
Planalto	-25,70	-53,78	400	2113,78	2283,97	2516,05	2661,70
Ponta Grossa	-25,22	-50,15	880	1844,25	2079,70	2153,08	2269,27
Quedas do Iguaçu	-25,52	-53,02	513	2328,80	2494,93	2670,28	2790,40
Telêmaco Borba	-24,33	-50,62	768	1788,52	1926,13	2033,21	2230,34
Umuarama	-23,73	-53,28	480	1814,04	1933,63	2050,98	2223,06

Tabela 5. Alteração de áreas de plantio comercial de pinus no Paraná de acordo com cenários de mudanças climáticas globais.
Table 5. Change of commercial pine plantation areas in the state of Paraná according to global climate change scenarios.

Cenário	Década	<i>P. taeda</i>		<i>P. elliottii</i>	
		Área Favorável (ha)	Redução de Área (%)	Área Favorável (ha)	Redução de Área (%)
	Atual	7.431.269	0,0	10.664.518	0,0
A2	2011-2020	3.707.482	50,1	9.499.330	10,9
	2021-2030	1.940.955	73,9	9.659.570	9,4
	2031-2040	711.933	90,4	8.888.520	16,6
	2041-2050	351.280	95,3	7.942.980	25,5
	2051-2060	121.093	98,4	7.075.323	33,6
	2061-2070	44.472	99,4	5.645.090	47,0
B1	2071-2080	9.844	99,9	4.509.780	57,7
	2011-2020	4.412.390	40,6	8.891.083	16,6
	2021-2030	3.714.345	50,0	9.301.779	12,7
	2031-2040	2.643.619	64,4	9.348.313	12,3
	2041-2050	2.123.870	71,4	9.402.661	11,8
	2051-2060	1.558.877	79,0	9.377.590	12,0
2061-2070	981.738	86,8	9.223.618	13,5	
2071-2080	582.701	92,2	8.811.659	17,3	

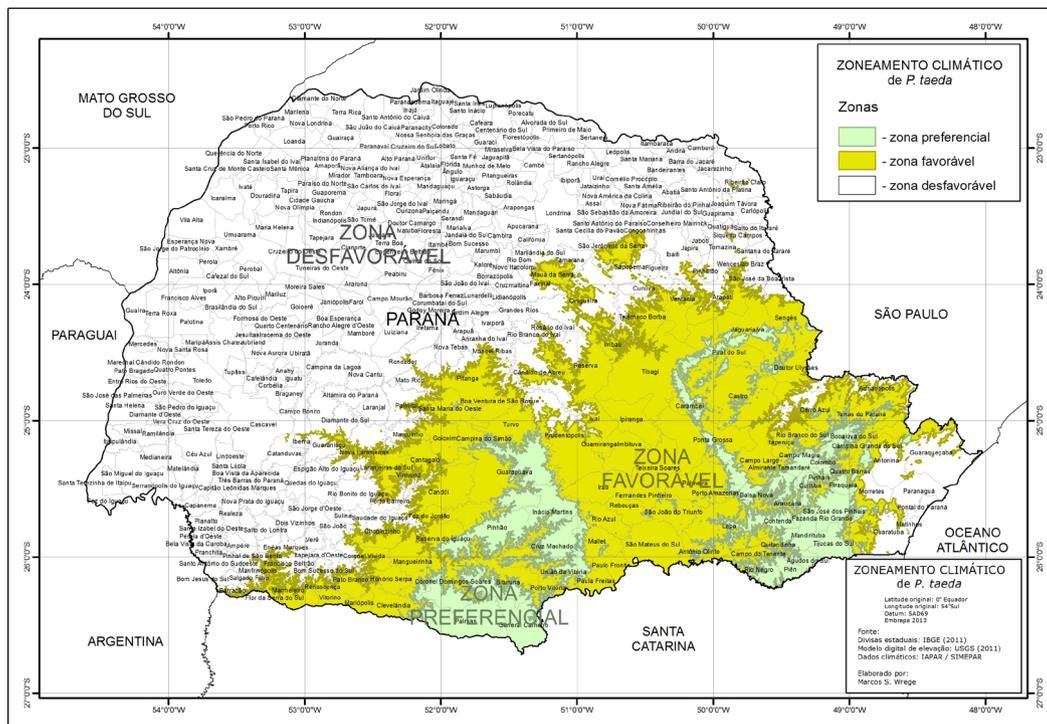


Figura 2. Regiões com potencial para plantios florestais com *P. taeda* no Estado do Paraná.

Figure 2. Regions with potential for forest plantations with *P. taeda* in the state of Paraná.

WREGGE, M.S. et al. Plantios com pinus no Paraná e cenários de mudanças climáticas.

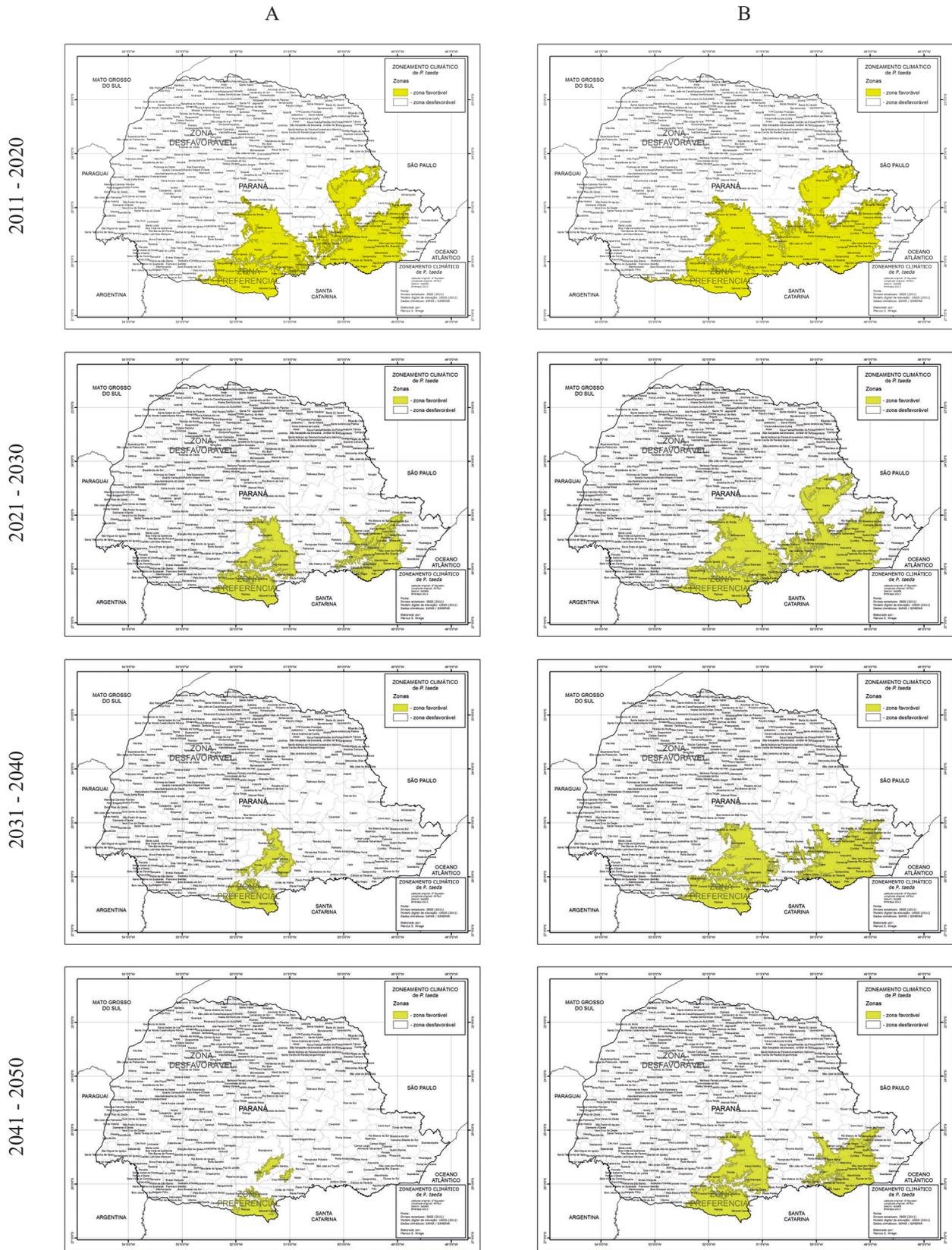


Figura 3a. Novos cenários de regiões com potencial para plantios florestais com *P. taeda* no Estado do Paraná.

Figure 3a. New scenarios of regions with potential for forest plantations with *P. taeda* in the state of Paraná.

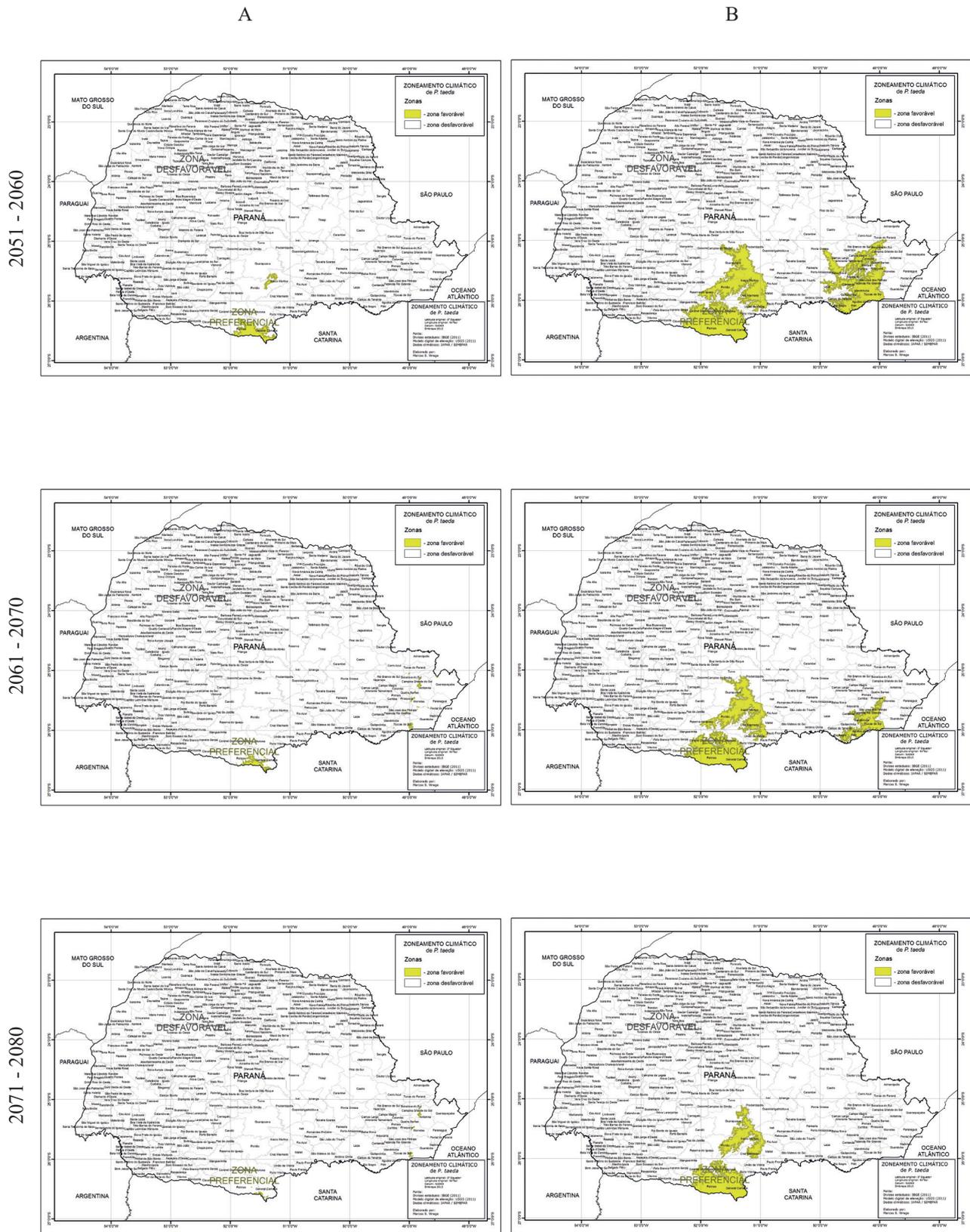


Figura 3b. Novos cenários de regiões com potencial para plantios florestais com *P. taeda* no Estado do Paraná.

Figure 3b. New scenarios of regions with potential for forest plantations with *P. taeda* in the state of Paraná.

WREGG, M.S. et al. Plantios com pinus no Paraná e cenários de mudanças climáticas.

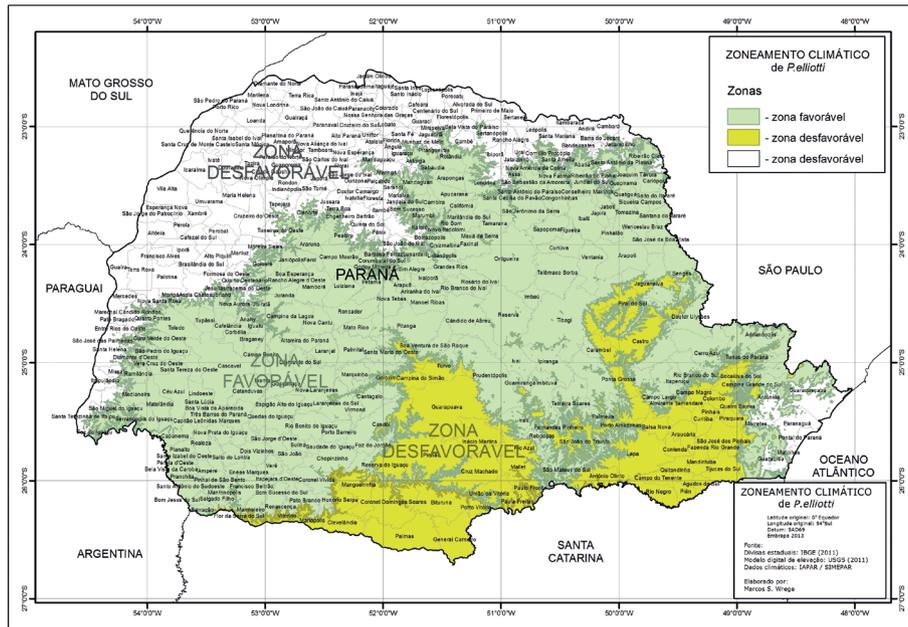


Figura 4. Regiões com potencial para plantios florestais com *P. elliottii* no Estado do Paraná.

Figure 4. Regions with potential for forest plantations with *P. elliottii* in the state of Paraná.

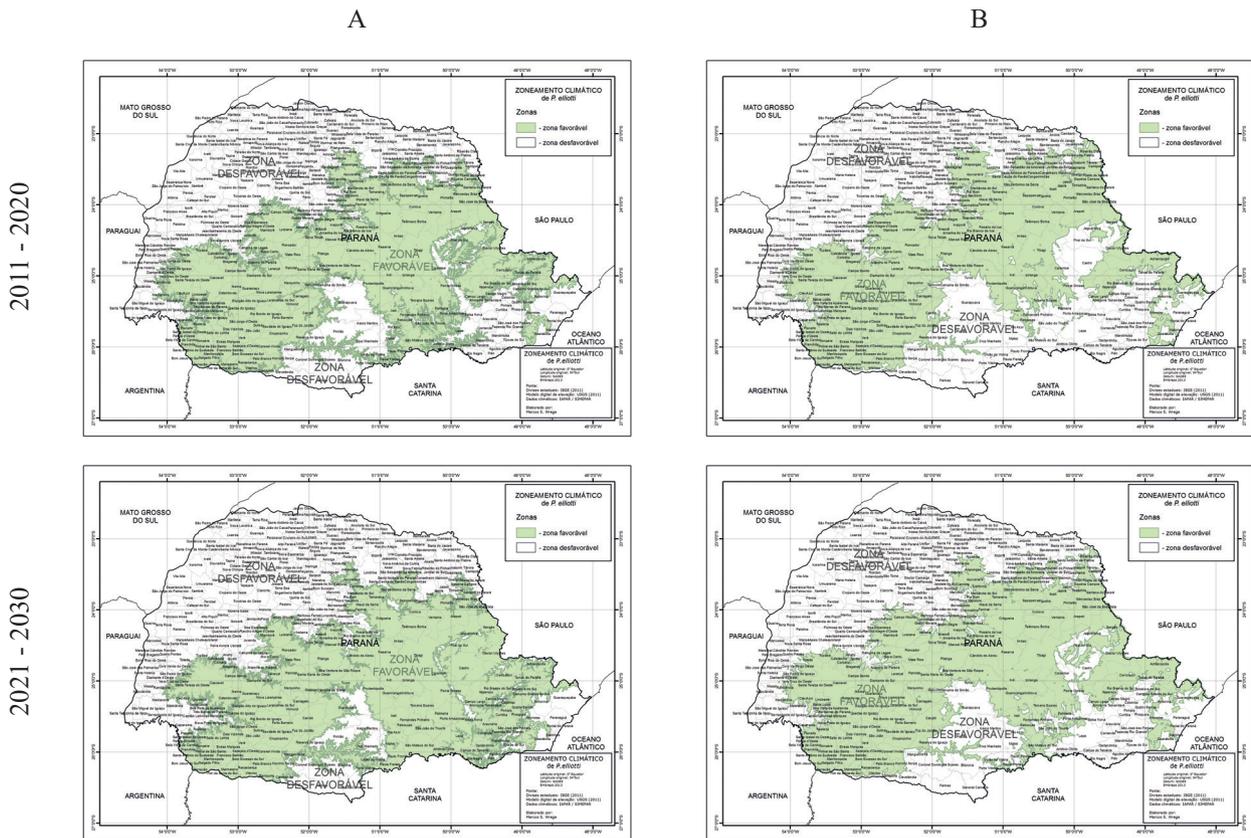


Figura 5a. Novos cenários de regiões com potencial para plantios florestais com *P. elliottii* no Estado do Paraná.

Figure 5a. New scenarios of regions with potential for forest plantations with *P. elliottii* in the state of Paraná.

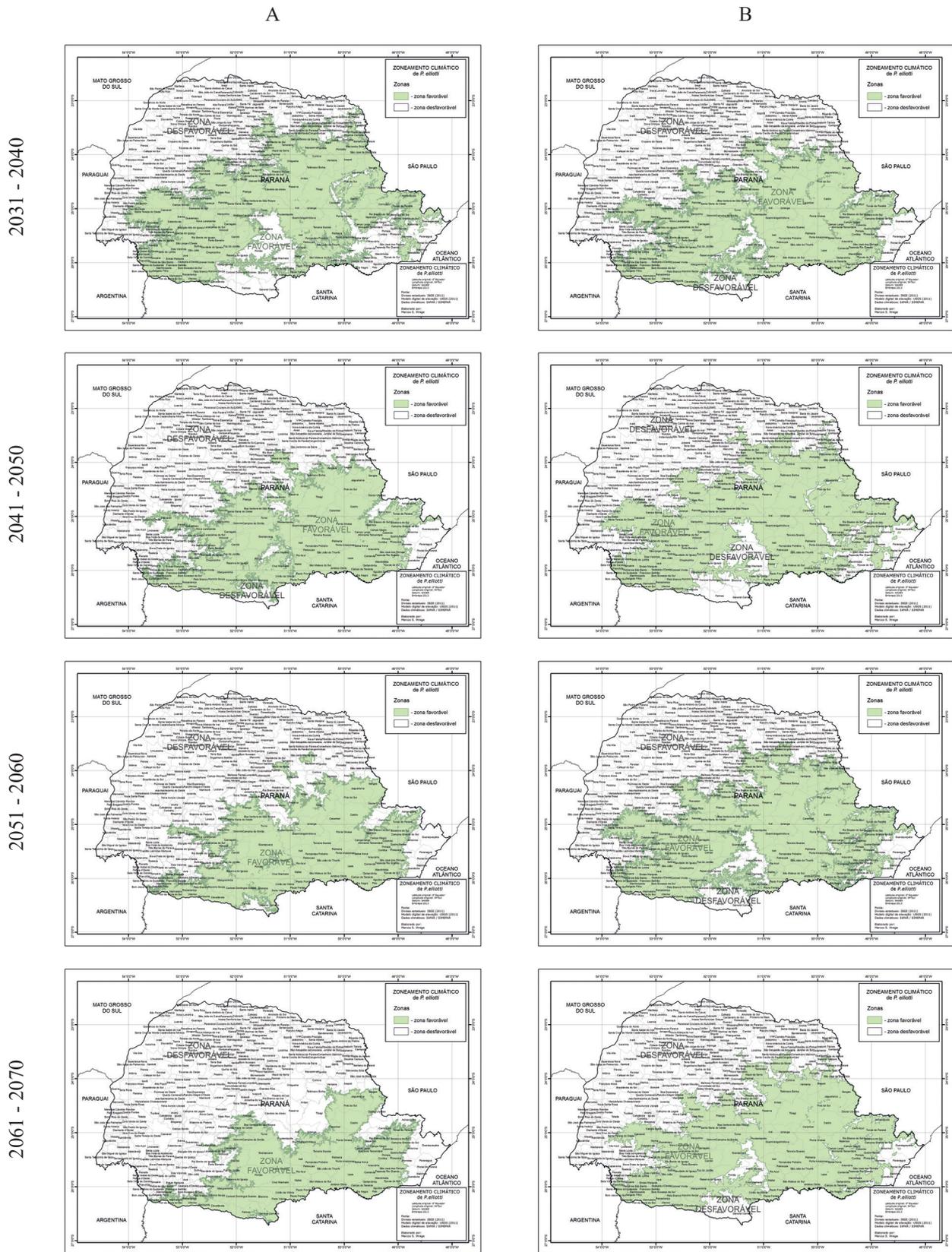


Figura 5b. Novos cenários de regiões com potencial para plantios florestais com *P. elliottii* no Estado do Paraná.

Figure 5b. New scenarios of regions with potential for forest plantations with *P. elliottii* in the state of Paraná.

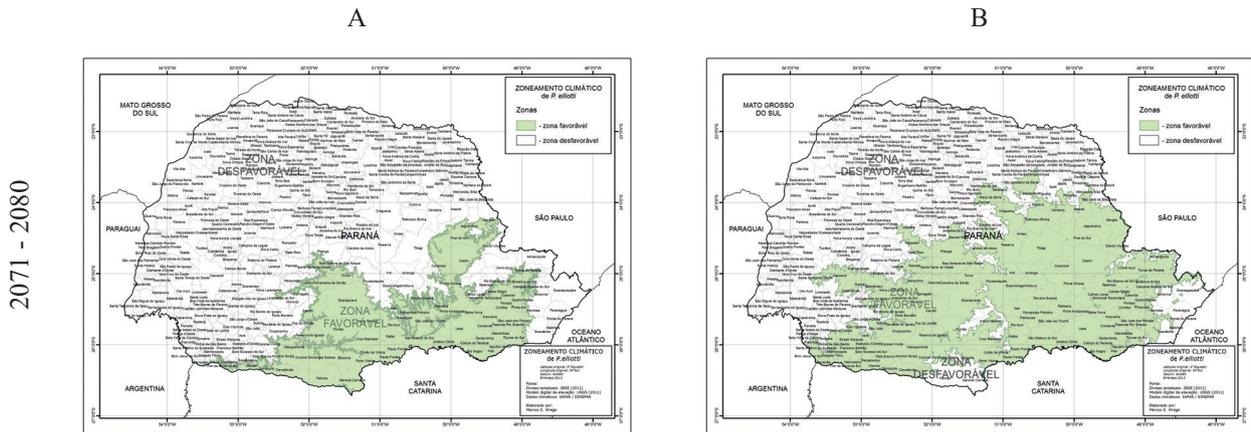


Figura 5c. Novos cenários de regiões com potencial para plantios florestais com *P. elliottii* no Estado do Paraná.

Figure 5c. New scenarios of regions with potential for forest plantations with *P. elliottii* in the state of Paraná.

Nas figuras são apresentados dois cenários, A2 e B1. O que se pode verificar é que, nas próximas décadas, se a progressão das emissões de gases de efeito estufa continuar como está, deve haver significativa redução nas zonas mais indicadas para plantio de *P. taeda* no Estado do Paraná, tendendo a se concentrar mais ao sul, onde as temperaturas devem permanecer frias, com condições favoráveis para plantio comercial até, pelo menos, a década de 2060 (cenário mais pessimista), ou até a década de 2080 (cenário menos pessimista).

Considerando-se os cenários apresentados, verifica-se a importância para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, principalmente para *P. taeda*, espécie mais plantada, com o desenvolvimento de materiais de maior produtividade e de boa qualidade de madeira em condições de clima mais quente, caso contrário os plantios comerciais de pinus tenderão a ser trocados pelos plantios de eucalipto e de outras espécies florestais de alto rendimento em clima quente.

Embora atualmente não haja restrições em relação à disponibilidade de água para o desenvolvimento de pinus na região Sul, devido às mudanças climáticas, é importante que sejam desenvolvidos materiais com maior tolerância à seca, porque poderão ocorrer mudanças na distribuição das chuvas, com possibilidade de ocorrerem períodos de estiagem, ainda que ocorram projeções de aumento de chuvas na região Sul do país.

4 CONCLUSÕES

Com as mudanças climáticas globais, as projeções indicam aumento da temperatura do ar, principalmente das temperaturas mínimas, que ocorrem com mais frequência à noite. Assim, a tendência é de haver aumento da respiração das plantas, podendo haver redução da fotossíntese líquida de *P. taeda* e de *P. elliottii*, repercutindo na redução da produção comercial.

Ocorrerá diminuição das áreas de baixo risco para plantio comercial de *P. taeda* e *P. elliottii*, em função do aumento da temperatura do ar, favorecendo o plantio de outras espécies mais bem adaptadas e com maior produtividade em clima quente. As zonas de maior altitude no Sul do país ainda permanecerão favoráveis ao plantio das duas espécies.

Programas de melhoramento genético para *P. taeda* e *P. elliottii* precisarão ser desenvolvidos, caso ainda haja intenção de manter essas espécies como opção para plantio comercial, focando no desenvolvimento de materiais mais bem adaptados às condições de invernos e de noites com temperaturas maiores que as atuais, além de considerar também a adaptação às estiagens, mesmo com projeção de maiores volumes de chuva no futuro, devido à possibilidade de irregularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano.

5 AGRADECIMENTOS

À FINEP, pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudo (por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) para os estudantes do curso de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Este artigo é parte do resultado do projeto “*Simulação dos Impactos das Mudanças Climáticas Globais sobre os Setores da Agropecuária, Floresta e Energia*” – SIMCAFE – Meta Física 7 – financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP (convênio 01.09.0324.00), liderado pelo Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A.V.; SOUSA, V.A.; SHIMIZU, J. Espécies de pinus mais plantadas no Brasil. In: _____. **Sistema de produção do Pinus**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. Disponível em: <<https://www.spo.cnpqia.embrapa.br>>. Acesso em: 8 dez. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**: ano base 2011. Brasília, DF, 2012. 136 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2013.
- BAKER, J.B.; LANGDON, O.G. *Pinus taeda* L. In: BURNS, R.M.; HONKALA, B.H. (Coord.). **Silvics of North America**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. v. 1, p. 497-512. (USDA. For. Serv. Agric. Handbook, 654).
- FERREIRA, F.A.; MENDES, J.E.P.; MAIA, J.L. Mortalidade de estacas enraizadas de *Pinus* spp. causada por *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 201, mar./abr. 2005.
- HIGA, R.C.V. **Dinâmica de carbono de *Pinus taeda* L. voltadas a exigências climáticas e práticas silviculturais**. [Gainesville]: University of Florida, [2006]. 62 p. (Relatório final pós-doutorado). (Não publicado).
- HIGA, R.C.V. et al. **Zoneamento climático: *Pinus taeda* no Sul do Brasil**. 2008. CD-Rom. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnpqia.embrapa.br/handle/doc/315638>>. Acesso em: 8 dez. 2016.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Summary for policymakers. In: FIELD, C.B. et al. (Ed.). **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. p. 1-19.
- RICCE, W.S. et al. Estudo das temperaturas mínimas e máximas no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 8., 2008, Alto Caparaó. **Anais...** Natal: SBCG, 2008. p. 200-210.
- RICHARDSON, D.M.; RUNDEL, P.W. Ecology and biogeography of Pinus: an introduction. In: RICHARDSON, D.M. (Ed.). **Ecology and biogeography of Pinus**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 3-46.
- UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Survey National Mapping Division: Global 30 arc second elevation data**. 1999. Disponível em: <<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>>. Acesso em: 10 jul. 1999.
- VIRGENS FILHO, J.S. et al. PGECLIMA_R: gerador estocástico para simulação de cenários climáticos brasileiros: I – Desenvolvimento do gerenciador do banco de dados climáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2011. v. 1. p. 1-5.
- WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Ecologia, 2004. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>. Acesso em: 17 jul. 2008.

WREGGE, M.S. et al. Plantios com pinus no Paraná e cenários de mudanças climáticas.

WREGGE, M.S. et al. **Atlas climático da região Sul do Brasil:** estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

_____. et al. Pinus tropical com potencial para uso em plantios comerciais no Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 26, p. 137-145, 2014.

**SOBREVIVÊNCIA DE *Ctenanthe lanceolata* Petersen e *Goepertia monophylla* (Vell.)
Borchs. & S. Suárez (Marantaceae) APÓS O DESMATAMENTO¹**

**SURVIVAL OF *Ctenanthe lanceolata* Petersen and *Goepertia monophylla* (Vell.)
Borchs. & S. Suárez (Marantaceae) AFTER DEFORESTATION**

Vanessa Rebouças dos SANTOS^{2,3}; Vívian TAMAKI²; Rogério Mamoru SUZUKI²;
Ivomar Aparecido MEDINA²; Sarah Moreno CARRIÃO²; Regina Tomoko SHIRASUNA²

RESUMO – A construção do Rodoanel Mário Covas – Trecho Sul no Estado de São Paulo suprimiu uma área de mata com regiões de várzea e vegetação remanescente da Mata Atlântica. Após o resgate de plantas presentes na área, muitos espécimes, que antes da supressão estavam no interior da mata, passaram a localizar-se nas bordas da pista, como é o caso de duas espécies de marantáceas: *Ctenanthe lanceolata* Petersen e *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez, que foram escolhidas para este estudo por se encontrarem presentes, em grande número, na área afetada pela construção dessa obra. Essas alterações levam a mudanças na composição da vegetação, favorecendo as espécies mais adaptadas às novas condições. O objetivo do presente trabalho foi acompanhar a sobrevivência dos indivíduos transplantados em áreas adjacentes à obra e dos exemplares que permaneceram na beira da estrada após a supressão da vegetação dessas duas espécies de Marantaceae. De modo geral, os resultados demonstram que não é necessário o resgate de exemplares de *Ctenanthe lanceolata* Petersen nem de *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez, que permaneceram na borda da mata após o desmatamento, pois a taxa de sobrevivência destas duas espécies é alta (*Ctenanthe*, 80% na borda e 100% no interior e *Goepertia*, 100% na borda e interior). Porém, uma vez resgatadas e realocadas, essas espécies apresentaram boa adaptação (100% de sobrevivência das duas espécies) nas condições ambientais (ensolarada e sombreada) avaliadas neste estudo. Desta forma tais realocações, quando consideradas oportunas, seriam viáveis.

Palavras-chave: efeito de borda; realocação; preservação ambiental; Mata Atlântica; ecologia de estradas.

¹Recebido para análise em 25.02.2016. Aceito para publicação em 10.12.2016.

²Instituto de Botânica, Av. Miguel Stefano, 3687, Bairro Água Funda, 04301-902, São Paulo, SP, Brasil.

³Autor para correspondência: Vanessa Rebouças dos Santos – vanessareb21@yahoo.com.br

ABSTRACT – The construction of the Mario Covas Rodoanel – Southern Section in São Paulo/BR deforested an area with lowland regions and remnant vegetation of the Atlantic Forest. After the rescue of plants present in the area, many specimens, which were inside the woods before the suppression, happened to be located in the runway edge, as in the case of two species of Marantaceae: *Ctenanthe lanceolata* Petersen and *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S.Suárez, which were chosen for this study because they are present in large numbers in the area affected by the construction of this road. These alterations lead to changes in the composition of vegetation, favoring the most adapted species to new conditions. The aim of this study was to follow the survival of transplanted plants in areas adjacent to the road and the specimens that remained on the roadside after the removal of vegetation of those two species of Marantaceae. In general, it is not necessary to rescue plants of *Ctenanthe lanceolata* Petersen nor *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez that remained on the edge of the forest after deforestation, since the survival rate of these two species is high (*Ctenanthe*, 80% in the border and 100% in the interior, and *Goepertia*, 100% in the border and interior). However, once rescued and relocated, these species showed good adaptation (100% survival of both species) in the environmental conditions (sunny and shaded) evaluated in this study. In this way, such reallocations, when considered appropriate, would be viable.

Keywords: edge effect; development; environmental preservation; Atlantic Forest; road ecology.

1 INTRODUÇÃO

As estradas e rodovias fazem parte do cotidiano de muitas sociedades, sendo importantes para o desenvolvimento socioeconômico, mas determinam impactos ambientais crônicos e agudos, influenciando a perda de biodiversidade em intensidades ainda impossíveis de serem quantificadas de forma eficiente (Bager e Fontoura, 2012). Os efeitos ecológicos da construção de uma rodovia estendem-se pela paisagem gerando impactos biológicos, como a destruição de ambientes naturais (Forman et al., 2003). Neste contexto, está a construção do Rodoanel Mário Covas – Trecho Sul no Estado de São Paulo.

O Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas foi construído com 53 quilômetros de extensão no limite da mancha urbana da cidade de São Paulo, sendo necessária a supressão de cerca de 31 hectares de florestas. Nesse trecho, encontravam-se regiões de várzea e vegetação remanescente da Mata Atlântica (florestas em estágio médio e avançado).

Essa rodovia separou a mata em duas partes, cujos fragmentos florestais restantes ficaram isolados, não havendo mais uma floresta contínua. As plantas que permaneceram nas bordas ficaram expostas a alterações como, por exemplo,

aumento da incidência de luz solar, ventos e redução da umidade. Essas modificações promovem alterações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do sistema (Murcia, 1995; Primak e Rodrigues, 2001; Ribeiro, 2008; Lima-Ribeiro, 2008). Há, então, uma influência mútua entre dois tipos de ambientes e as plantas dessa floresta podem responder de diferentes modos a essa alteração, denominada efeito de borda (Tabarelli et al., 2004).

Essas alterações levam a mudanças na composição da vegetação, favorecendo as espécies mais adaptadas às novas condições. Além disso, modificações nos níveis de luminosidade, aos quais uma espécie está adaptada, podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Carvalho et al., 2006). Moraes Neto et al. (2000) ressaltam que várias características constituem parâmetros para avaliar as respostas de crescimento de plantas à intensidade luminosa. Entre essas, a de uso mais frequente é a altura das plantas, visto que a capacidade de crescer rapidamente, quando sombreadas, é um mecanismo de adaptação das plantas, compreendendo uma valiosa estratégia para adequar-se a esta condição.

Os estudos sobre resgate de plântulas de espécies tropicais são escassos, mas necessários para preservação da biodiversidade, tanto que tem sido uma das principais condições impostas pelos órgãos ambientais no licenciamento de empreendimentos que irão desmatar grandes áreas (Silva et al., 2015). Segundo Jasper et al. (2005), a realocação de plantas provenientes de supressão da mata é considerada uma das medidas de conservação para diminuir o impacto ambiental decorrente da necessidade de eliminação de parte da vegetação.

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta tropical do Brasil com níveis muito elevados de riqueza e endemismo (cerca de 20 mil espécies, sendo seis mil endêmicas), estando entre os 34 *hotspots* globais de biodiversidade, sendo uma área prioritária para a conservação (Sugiyama, 2010). Em virtude da ação antrópica, como a construção de obras viárias, restam somente 7% dessa floresta (Sugiyama, 2010), acentuando a importância de medidas de mitigação. Entre as espécies existentes na Mata Atlântica estão as pertencentes à família Marantaceae, com ocorrência de 11 gêneros e 108 espécies, sendo 86 endêmicas (Braga, 2005).

Essa família é predominantemente neotropical sendo a maioria de seus representantes do Novo Mundo. Apresenta cerca de 31 gêneros e 550 espécies, com o centro de diversidade nas florestas Neotropicais (Dahlgren et al., 1985; Mabberley, 1993; Anderson, 1998) e com distribuição pantropical (Braga, 2008). Compreende plantas típicas de florestas úmidas, crescendo principalmente em margem de rios e interior da mata (Heywood, 1978).

Recente estudo filogenético confirmou a polifilia de *Calathea* G. Mey resultando na redefinição do grupo (Borchsenius et al., 2012). Cerca de 245 espécies do gênero *Calathea* foram sinonimizados no gênero *Goepertia* Nees, tornando-se o gênero mais representativo da família (Borchsenius et al., 2012).

Das 141 espécies de *Calathea* listadas para o Brasil, apenas três permaneceram em *Calathea* como circunscrito atualmente e o restante incluído em *Goepertia* (Saka e Lombardi, 2013). Duas espécies desses gêneros, presentes em grande número no Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, foram estudadas em áreas afetadas pela construção desta obra, *Ctenanthe lanceolata* Petersen e *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez.

Ctenanthe lanceolata Petersen é uma erva terrícola que ocupa locais sombreados, endêmica da Mata Atlântica com ocorrência nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Braga e Saka, 2016). Possui folhas oblongo-lanceoladas com inflorescência em espiga (Petersen, 1890).

Goepertia monophylla (Vell.) Borchs. & S. Suárez é uma erva terrícola, endêmica da Mata Atlântica e ocorre em todos os estados do Sul e Sudeste do Brasil (Braga e Saka, 2016). É muito comum, habitando os sub-bosques da Mata Atlântica, na Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual. Possui lâminas foliares lanceoladas a oblongo-lanceoladas com nervuras conspícuas de consistência fibrosa e que se tornam laceradas à medida que envelhecem. As flores apresentam diversas colorações ao longo do desenvolvimento, de esbranquiçadas e amareladas a acinzentadas (Wanderley e Vieira, 2002). É considerada como espécie pioneira por apresentar ocorrência preferencial em ambiente iluminado, formação de banco de sementes na serrapilheira e rápido crescimento vegetativo formando extensa rede de tubérculos (Lima e Gandolfi, 2009).

As espécies não arbóreas apresentam grande contribuição na diversidade, sendo que o número de espécies herbáceas e subarborescentes pode variar de 33 a 52% da riqueza específica de uma área de mata tropical, enquanto as espécies arbóreas constituem de 15 a 22% (Gentry e Dodson, 1987). Portanto, os estudos relacionados à realocação das duas espécies mencionadas de Marantaceae são de grande importância para a preservação da biodiversidade.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi acompanhar a sobrevivência dos indivíduos transplantados em áreas adjacentes à obra e dos exemplares que permaneceram à beira da estrada após a supressão da vegetação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Os experimentos foram desenvolvidos no entorno das obras da construção do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, no município de Mauá/SP, com cerca de 780 m de altitude (23°45'15,9"S e 46°30'12,5"O). A vegetação predominante na área de estudo pertence à Mata Atlântica, classificada como Floresta Tropical Latifoliada

Perenifólia (Eiten, 1970). O clima regional dominante é o Cwa, segundo a classificação de Köppen (1948), clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. A caracterização local incluiu os dados mensais de precipitação total e temperaturas médias mínimas e máximas (Figura 1), obtidos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (2012).

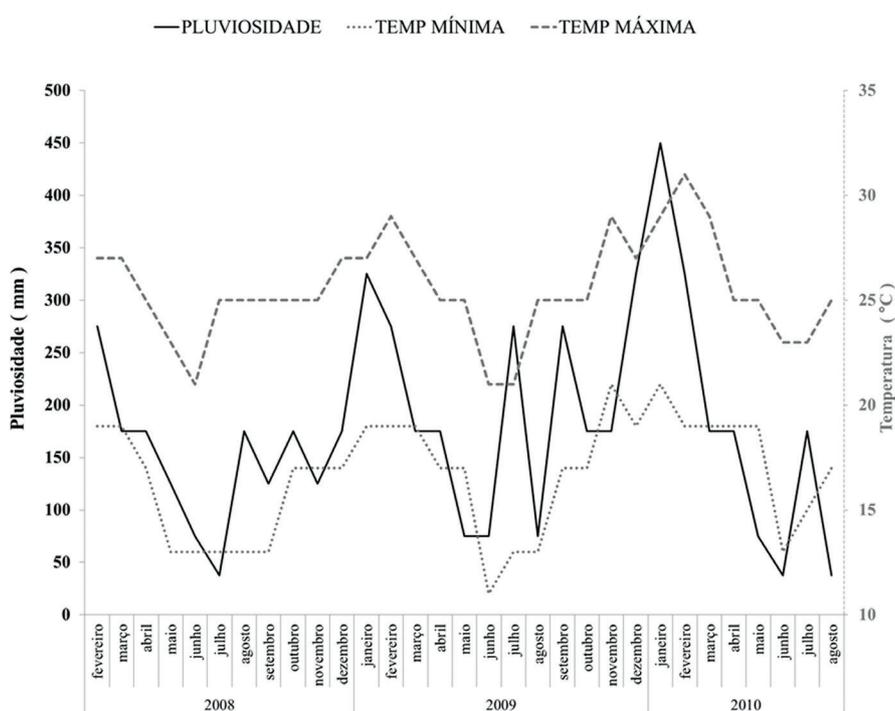


Figura 1. Pluviosidade total mensal e temperaturas médias mínimas e máximas obtidos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (2012).

Figure 1. Total monthly rainfall and average minimum and maximum temperatures obtained from Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (2012).

2.2 Material de Estudo e Descrição dos Experimentos

Foram utilizados exemplares adultos de duas espécies de Marantaceae, *Ctenanthe lanceolata* Petersen e *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez. Os experimentos foram conduzidos da seguinte forma: 1) com exemplares transplantados das duas espécies, denominados Experimento de Avaliação do Transplante de plantas de *C. lanceolata*

(ATC) e de Avaliação do Transplante de plantas de *G. monophylla* (ATG); 2) com exemplares de *C. lanceolata* que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento (ABEC) e 3) com exemplares de *G. monophylla* que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento (ABEG). As avaliações não foram realizadas em alguns meses do ano devido ao acesso impossibilitado em decorrência do andamento da obra nestes meses.

Os resultados de todos os experimentos foram relacionados (correlação linear de Pearson-p) aos dados climatológicos (temperatura e precipitação pluviométrica – Figura 1), semelhantemente ao realizado por Tamaki et al. (2014), para auxiliar na discussão das hipóteses dos dados obtidos.

2.2.1 Avaliação dos Transplantes de plantas de *C. lanceolata* (ATC) e *G. monophylla* (ATG)

Entre as plantas realocadas foram escolhidos, ao acaso, 40 exemplares de cada espécie com a finalidade de avaliar o seu crescimento e desenvolvimento. Essas plantas foram transplantadas no solo, dispersas nas áreas de mata adjacentes ao desmatamento em dois ambientes: ensolarado em clareiras ($1.700 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e sombreado pela copa das árvores ($800 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), constituindo dois grupos de análise, com 20 plantas cada. O crescimento foi avaliado mensalmente, durante o período de fevereiro de 2009 a agosto de 2010, observando-se as seguintes variáveis: número médio de brotos (média de todos os brotos das 20 plantas para cada ambiente); número médio de folhas por planta (obtido através de contagem direta de folhas totalmente expandidas por planta); altura média das 20 plantas (da superfície do solo até o ápice da maior folha esticada na posição vertical); comprimento médio da maior folha (definido como a distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha).

2.2.2 Avaliação das plantas de *C. lanceolata* que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento (ABEC)

Foram analisados dois lotes com 20 exemplares dispersos em cada: um que permaneceu na borda (experimental) e outro localizado a 3 metros da borda, no interior da mata (controle). A distância entre os lotes controle e experimental foi determinada pela presença de exemplares remanescentes no interior da mata.

O desmatamento ocorreu em março de 2008 e, mensalmente, até julho de 2009, as plantas foram analisadas quanto à sobrevivência. Foram coletadas nos tempos 0, 7 e 16 meses, após o início da avaliação, duas folhas de três exemplares de cada lote para análises de pigmentos fotossintéticos.

Para a extração de pigmentos fotossintéticos foram utilizadas triplicatas de 0,5 a 1,0 g de massa fresca de folhas, que foram previamente armazenadas a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ até o momento das análises. O material foliar foi macerado em almofariz com nitrogênio líquido e, em seguida, diluído com 3 mL de acetona gelada. Cada amostra foi filtrada em funil previamente forrado com papel de filtro umedecido com acetona gelada. O filtrado foi recolhido em balões volumétricos de 25 mL. Em seguida, cada volume coletado foi armazenado no gelo em tubos de ensaio que foram tampados com papel alumínio e filme de PVC transparente, até o momento da leitura. As amostras foram lidas em espectrofotômetro, calibradas com acetona pura. A absorbância (A) da clorofila a foi lida em 661,6 nm e a da clorofila b , em 644,8 nm. Os cálculos das concentrações da clorofila a (C_a) e da clorofila b (C_b) foram realizados de acordo com as equações definidas em Lichtenthaler (1987).

$$C_a = 1,24 A_{661,6} - 2,04 A_{644,8}$$

$$C_b = 20,13 A_{644,8} - 4,19 A_{661,6}$$

Os conteúdos de clorofilas dos tecidos foliares foram expressos em μg do pigmento por grama de matéria fresca.

2.2.3 Avaliação das plantas de *G. monophylla* que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento (ABEG)

Foram analisados 20 exemplares que permaneceram na borda tendo como controle 20 exemplares localizados a cerca de 25 metros da borda (interior da mata). A definição da distância entre os lotes controle e experimental seguiu o mesmo critério adotado no experimento ABEC. O desmatamento ocorreu entre os meses de janeiro e fevereiro de 2008. Foram analisadas nos tempos 0, 4 e 18 meses, após o início da avaliação, as variáveis comprimento da maior folha (medida da distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha), número total de folhas e a porcentagem de sobrevivência.

2.3 Análise dos Dados

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 20 repetições (cada planta é uma repetição) para dados de crescimento e três repetições de duas amostras de folhas para análise de pigmentos fotossintéticos.

As médias dos dados de crescimento estão apresentadas com seus respectivos desvios-padrão e os dados obtidos de pigmentos fotossintéticos foram submetidos à análise de variância fatorial 2 x 3 (localização borda ou interior x tempos 0, 7 e 16 meses) (teste F) (a interação foi avaliada em alguns casos e em outros não foi explorada porque o resultado da análise de variância não foi significativo, por exemplo, no ABEG) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dados Climatológicos

Conforme apresentado na Figura 1, os dados mensais de temperaturas médias, mínimas e máximas, e de precipitação total, exibiram flutuações ao longo do período analisado (fevereiro de 2008 a agosto de 2010). As maiores pluviosidades variaram de 250 a 400 mm mensais, foram verificadas nos meses de fevereiro de 2008, fevereiro, julho, setembro e dezembro de 2009, e janeiro e fevereiro de 2010 (em janeiro ocorreu a maior pluviosidade registrada durante todo o período de estudo). As menores precipitações (inferiores a 100 mm mensais) ocorreram nos meses de junho e julho de 2008, e maio, junho e agosto de 2009 e de 2010.

3.2 Avaliação dos transplantes de plantas de *C. lanceolata* (ATC) e *G. monophylla* (ATG)

Ctenanthe lanceolata: todas as plantas de *Ctenanthe lanceolata* mantidas na sombra e em local ensolarado sobreviveram durante o período avaliado.

A produção de folhas das plantas de *C. lanceolata* transplantadas em local ensolarado aumentou nos primeiros meses após o replantio e se manteve praticamente constante no decorrer da avaliação. Não houve diferença substancial no número e no comprimento foliar das plantas realocadas tanto em local sombreado quanto ensolarado (Figura 2A e 2B).

Com relação ao número de brotos (Figura 2C), observou-se que as plantas que se encontravam em local ensolarado apresentaram maior número de brotos quando comparadas com as plantas de sombra, sendo que o pico de produção de brotos ocorreu entre janeiro e março/2010, meses que apresentaram maior temperatura e índice de pluviosidade, conforme Figura 1.

As alturas das plantas de *C. lanceolata* realocadas na sombra foram semelhantes daquelas transplantadas em local ensolarado e cresceram continuamente durante todo o período avaliado (Figura 2D).

Goepertia monophylla: todas as plantas de *Goepertia monophylla* mantidas na sombra e em local ensolarado sobreviveram durante o período avaliado. O número de folhas de plantas de *G. monophylla* variou pouco durante o período avaliado, com média de nove folhas mensais e não diferindo entre as plantas cultivadas nos diferentes ambientes, embora nos primeiros sete meses o número de folhas tenha sido maior naquelas cultivadas na sombra, diferente do que foi observado nos meses seguintes, nos quais o número de folhas foi maior nas plantas mantidas em local ensolarado (Figura 3A). De acordo com Nodari et al. (1999), o número de folhas não é a característica mais indicada para representar diferenças no crescimento de plantas quando submetidas a diferentes níveis de luz, uma vez que, continuamente, há queda e emissão de novas folhas. Mesmo assim, o número de folhas, em conjunto com as demais características avaliadas, principalmente a produção de brotos, sugeriu que o crescimento de plantas de *G. monophylla* pode ser favorecido pelo sombreamento.

SANTOS, V.R. dos et al. Sobrevivência de Marantaceae após desmatamento.

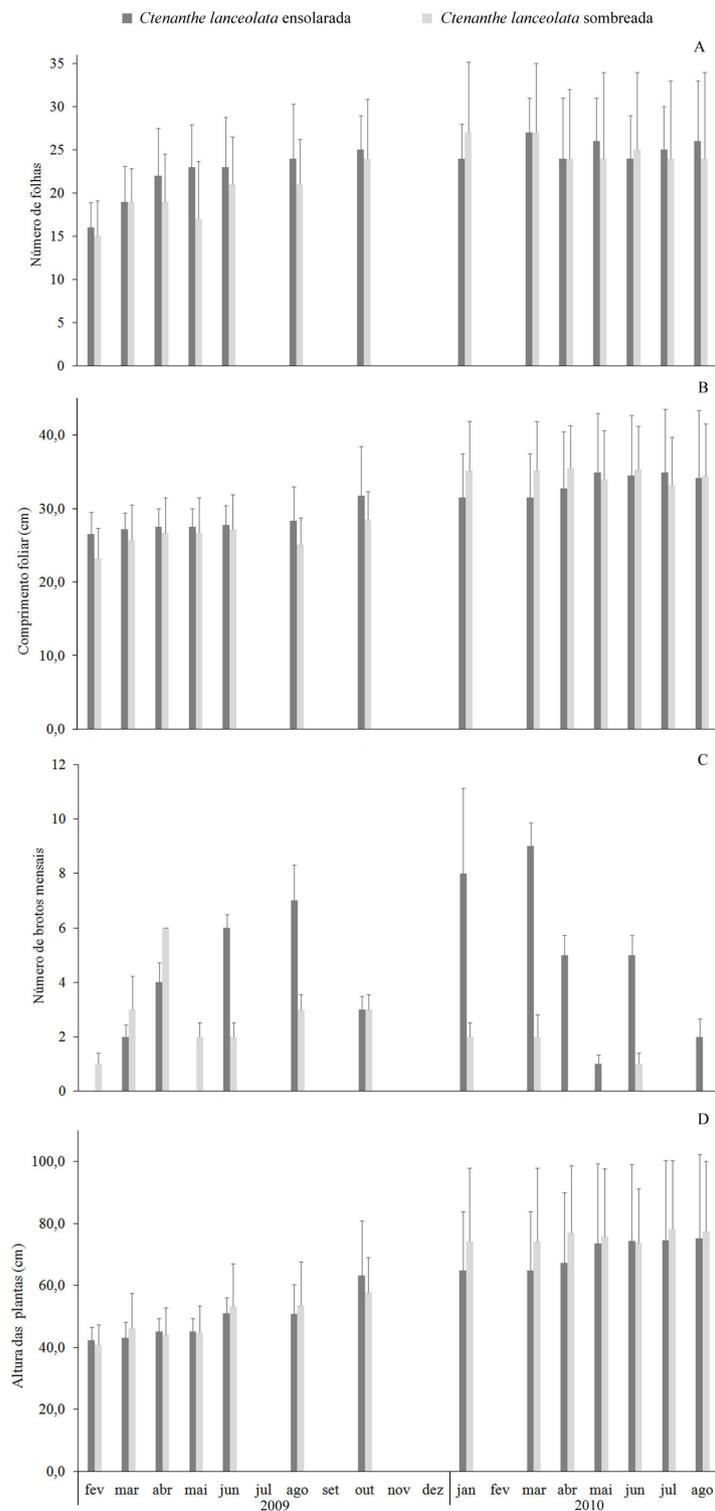


Figura 2. Avaliação do número de folhas (A); comprimento foliar (B); brotos mensais (C) e altura (D) por planta de *Ctenanthe lanceolata*, entre fevereiro/2009 e agosto/2010, realocadas em local sombreado e ensolarado (n = 20). Rodoanel Trecho Sul/SP.

Figure 2. Evaluation of the average number of fiddleheads (A); leaf length (B); monthly sprouts (C) and height (D) of *Ctenanthe lanceolata* for each plant, between February/2009 to August/2011, realocated on the shaded and sunny location (n = 20). Rodoanel Trecho Sul/SP.

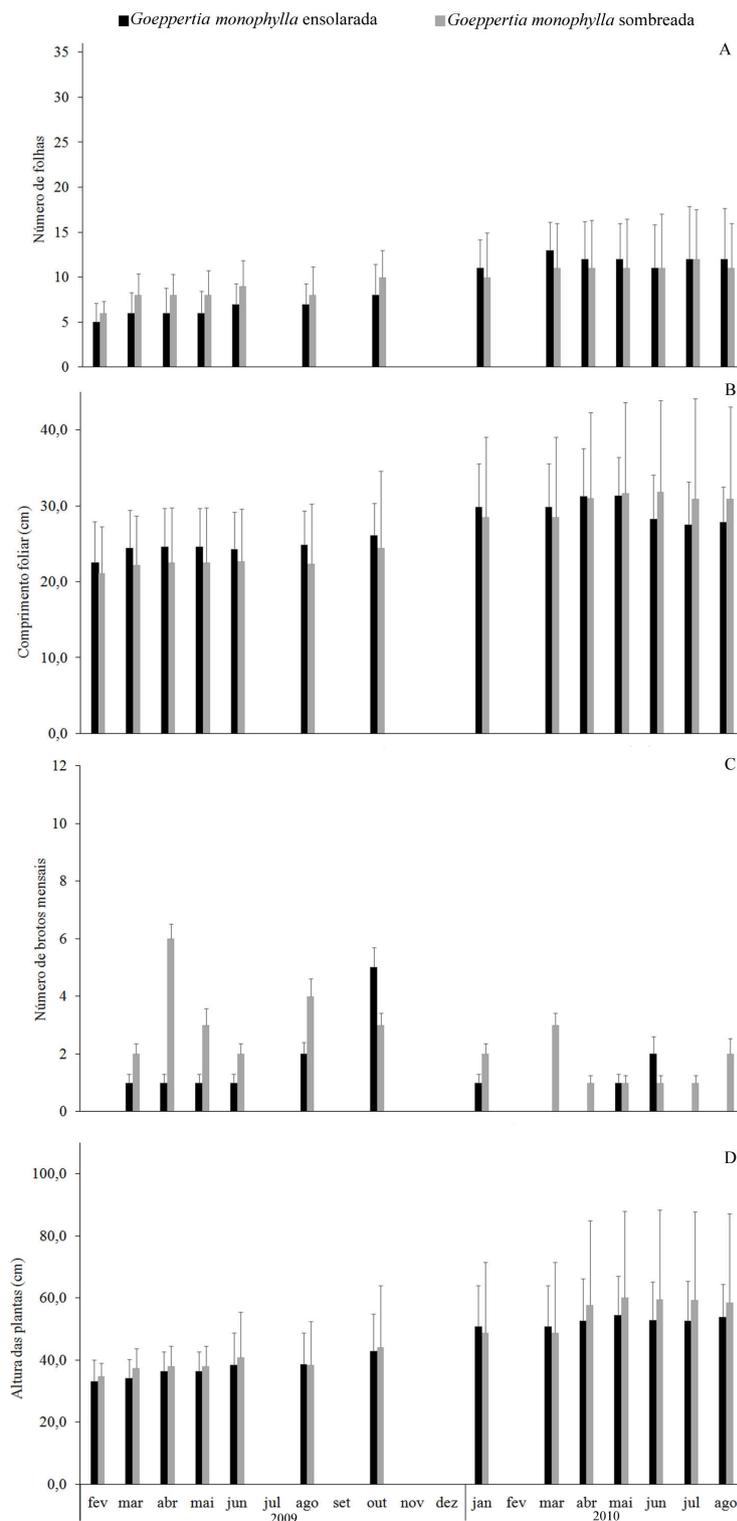


Figura 3. Avaliação do número de folhas (A); comprimento foliar (B); brotos mensais (C) e altura (D) por planta de *Goepertia monophylla*, entre fevereiro/2009 e agosto/2010, realocadas em local sombreado e ensolarado (n = 20). Rodoanel Trecho Sul/SP.

Figure 3. Evaluation of the average number of fiddleheads (A); leaf length (B); monthly sprouts (C) and height (D) of *Goepertia monophylla* for each plant, between February/2009 to August/2011, realocated on the shaded and sunny location (n = 20). Rodoanel Trecho Sul/SP.

Não houve diferença substancial com relação ao comprimento das folhas de plantas de *G. monophylla*, independente do ambiente onde foram realocadas (Figura 3B). Durante o período avaliado, o parâmetro número de brotos nas plantas de *G. monophylla* foi o único influenciado pelo ambiente escolhido para realocação, pois o maior número ocorreu nas plantas mantidas em local sombreado, apresentando pico de produção após 2 meses de realocação das plantas. As plantas transplantadas na área ensolarada apresentaram produção de brotos relativamente menor e houve um atraso na maior produção, se comparada às plantas mantidas na sombra, pois o maior número de brotos ocorreu somente no mês de outubro (Figura 3C). Com relação ao parâmetro altura, o crescimento foi semelhante entre as plantas de *G. monophylla* que cresceram em ambientes distintos (sombreado e ensolarado), e, após um ano de avaliação, a tendência de crescimento em altura foi similar entre elas (Figura 3D).

As espécies de marantáceas analisadas nestes experimentos tiveram alta porcentagem de sobrevivência nos dois ambientes avaliados. A porcentagem de sobrevivência de palmiteiros na realocação realizada em Mauá (SP) foi de 43% no trabalho de Tamaki e Medina (2011) sem ter sido realizado nenhum trato cultural. Tamaki e Medina (2009), trabalhando com realocação da bromélia *Nidularium innocentii* Lem., resgatadas de áreas de desmatamento durante a execução do Rodoanel Mário Covas-Trecho Sul, obtiveram, após 20 meses, apenas 23% de sobrevivência dos exemplares fixados nas árvores em Mauá (SP). Segundo Santos Junior e Tamaki (2014), as plantas terrícolas realocadas no Parque Estadual da Cantareira – PEC, principalmente do grupo das Bromeliaceae, Orchidaceae, Marantaceae, Arecaceae e pteridófitas arborescentes (samambaias), apresentaram boa porcentagem de sobrevivência (100%, 100%, 100%, > 93%, > 77%, respectivamente). Em outro trabalho de realocação de plantas, realizada em Mauá, resgatadas durante supressão da vegetação, Tamaki et al. (2014) verificaram que exemplares de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin apresentaram 80% de sobrevivência, quando a realocação foi realizada no início do período de maior pluviosidade.

Mesmo sendo de família típica de florestas tropicais úmidas, as Marantaceae também podem ser encontradas em locais com vegetação aberta (Costa et al., 2008). Essa eficiência de crescimento, de acordo com Atroch et al. (2001) e Searle et al. (2011), se deve à capacidade e habilidade que a maioria das plantas têm para se aclimatar às variações de temperatura e luminosidade.

Osunkoya e Ash (1991) e King (1994) relataram que o crescimento maior em altura das plantas em ambientes sombreados é uma resposta bastante comum, podendo ser atribuída a um maior investimento no alongamento celular, visando à busca por maior luminosidade. Segundo Wardlaw (1990), plantas cultivadas sob condições de baixa disponibilidade de luz tentariam investir maior quantidade de fotoassimilados na parte aérea. Esses resultados não foram observados nas plantas avaliadas, possivelmente causado pelo estresse do período de realocação.

3.3 Avaliação das plantas de *C. lanceolata* que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento (ABEC)

Os exemplares de *C. lanceolata* que permaneceram na borda da área de vegetação suprimida tiveram alta taxa de sobrevivência (80%) (Tabela 1) ao longo do período de observação. Um estudo com sobrevivência de uma samambaia arborescente (*Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin), após a supressão da vegetação, também mostrou alta taxa de sobrevivência (97%) de seus exemplares na mesma área de estudo (Tamaki et al., 2014). Plantas de *Heliconia acuminata* Rich., que permaneceram em fragmentos de matas, tiveram seu crescimento e reprodução reduzidos, de acordo com Bruna et al., 2002; alguns fatores que podem ter ocasionado este resultado estão relacionados às características dessas áreas, que são mais quentes e secas do que o interior das matas.

Tabela 1. Porcentagem de sobrevivência dos exemplares de *Ctenanthe lanceolata* Petersen que permaneceram na borda da pista após a supressão da vegetação e de exemplares do interior da mata (n = 20).

Table 1. Survival percentage of *Ctenanthe lanceolata* Petersen plants that remained on the edge of the road after deforestation and the specimens that remained inside the forest (n = 20).

Ambiente	% de sobrevivência
Borda	80
Interior	100

Após o desmatamento, observou-se um acentuado amarelecimento foliar nas plantas que permaneceram na borda, confirmado nas análises de pigmentos fotossintéticos tanto para clorofila *a* quanto para clorofila *b* (Tabela 2), em que foi possível verificar, estatisticamente, menor quantidade de pigmentos fotossintéticos nas plantas da borda do que nas do interior da mata. Na análise ao longo dos 16 meses, observou-se maior quantidade de pigmentos fotossintéticos

(clorofilas *a* e *b*) no tempo zero em relação aos demais tempos (Tabela 2). No 7º mês após a exposição das plantas à condição de borda, houve uma redução na quantidade dos pigmentos, cerca de 50% da quantidade existente no tempo zero (Tabela 2). No 16º mês, observou-se um aumento numérico na quantidade de pigmentos, apesar de não apresentarem diferenças significativas, em relação ao tempo de 7 meses (Tabela 2), sugerindo certa recuperação das plantas presentes na borda.

Tabela 2. Síntese da análise de variância e do teste de médias, em *Ctenanthe lanceolata* Peterson para os pigmentos fotossintéticos analisados (clorofila *a* e clorofila *b*) nas diferentes localizações das plantas (borda da pista e interior da mata) e tempos de análise dos parâmetros (0, 7 e 16 meses). Valores seguidos de letras diferentes apresentaram variação significativa entre os tratamentos. Valores seguidos de “NS” não apresentaram variação significativa entre os tratamentos (n = 20).

Table 2. Summary of analysis of variance and the means test in *Ctenanthe lanceolata* Peterson to photosynthetic pigments analyzed (chlorophyll *a* and chlorophyll *b*) in different locations of the plants (edge of the road and inside the forest) and parameters analysis times (0, 7 and 16 months). Values followed by different letters show significant variation between treatments. Values followed by “NS” presented no significant variation between treatments (n = 20).

Fator	µg de pigmento/grama de massa fresca		
	Tratamentos	clorofila <i>a</i>	clorofila <i>b</i>
Localização (T)	Borda	831,6 b	400,4 b
	Interior	1338,8 a	560,7 a
Tempos de análise (meses) (T)	0	1470,5 a	636,5 a
	7	775,6 b	352,5 b
	16	1009,6 b	452,6 b
Teste F	Localização (L)	20,54 ***	13,32 **
	Tempo de análise (T)	13,31 ***	14,33 ***
	L*T	0,49 NS	0,07 NS
	CV%	21,9	19,4

*significativo (P < 0,05); **significativo (P < 0,01); ***significativo (P < 0,001); NS: não significativo.

*significant (P < 0.05); **significant (P < 0.01); ***significant (P < 0.001); NS: not significant.

A exposição das plantas à alteração de intensidade luminosa altera o aparato fotossintético das mesmas, ocasionando, inicialmente, degradação dos pigmentos fotossintéticos, o que leva à clorose foliar (Larcher, 2004; Lüttge, 2008). O excesso de intensidade luminosa pode danificar o fotossistema II, levando à perda de clorofila, ocasionando a clorose (Taiz e Zeiger, 2010). Observou-se em *C. lanceolata* uma tendência de recuperação desse aparato fotossintético das plantas que permaneceram na borda ao longo do tempo, sugerindo não haver necessidade de realocação destes exemplares que permaneceram na borda da área de vegetação suprimida, visto não se tratar de uma espécie ameaçada.

Não foram observadas interações estatisticamente significativas entre os fatores local e tempo (dias) para o experimento ABEC (Tabela 2).

Adicionalmente, após três meses da supressão da vegetação, algumas das plantas que permaneceram na borda começaram a apresentar folhas novas, mas tinham cerca de 1/3 do tamanho das folhas novas do interior da mata (dados não apresentados).

3.4 Avaliação das plantas de *G. monophylla* que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento (ABEG)

Não foi observada a morte de nenhuma planta avaliada (Tabela 3), entretanto, notou-se, inicialmente, que as folhas das plantas que permaneceram na borda apresentaram rápido amarelecimento, com necrose em várias partes, o que não foi observado nas plantas do interior da mata, que tiveram crescimento e desenvolvimento foliar contínuo, não apresentando amarelecimento e necroses (dados não apresentados). De acordo com Murcia (1995), Tabarelli et al. (2005) e Ribeiro et al. (2009), em relação ao interior da mata, a borda pode apresentar mudanças microclimáticas como, por exemplo, aumento na temperatura, maior radiação e intensidade de ventos e menor umidade relativa do ar e do solo, o que pode explicar o amarelecimento e necrose observados nas plantas que permaneceram na borda.

Os resultados indicam que se seguiu a emissão de novas folhas substituindo as que sofreram danos, embora em menor número, sendo que as folhas desenvolvidas apresentaram redução de cerca de 25% no comprimento foliar, quando comparadas com as plantas do interior da mata (Tabela 4). É possível que a redução no número e comprimento foliar verificada nas plantas que permaneceram na borda seja decorrente de um período de aclimação resultante da exposição ao efeito de borda provocado pelo desmatamento. Mulkey (1986), ao estudar três espécies de bambu no sub-bosque de floresta localizada no Panamá, verificou que as novas folhas formadas já apresentavam comprimento do limbo foliar e do pecíolo semelhantes aos verificados logo após a supressão da vegetação, decorridos 18 meses do início do acompanhamento. Tais resultados são diferentes dos encontrados por Chazdon (1986), que verificou em três espécies de palmeiras do sub-bosque da Costa Rica que o número de folhas e o comprimento foliar era maior nas plantas da borda. Em uma outra espécie de Marantaceae (*Calathea inocephala* (Kuntze) T. Durand & B.D. Jacks.), Mulkey et al. (1991) verificaram grande adaptação das plantas à abertura do dossel na floresta, devido à capacidade das folhas em reduzir a perda de água, e a presença de raízes espessas, que conferem capacidade de armazenamento de água. Lowe et al. (2005) relataram que os efeitos de borda não ocorrem da mesma maneira em todas as bordas e as espécies florestais nem sempre respondem da mesma maneira a estes efeitos, devendo-se levar em conta suas características e as alterações ambientais ocorridas. Alguns táxons vegetais podem ser favorecidos pela maior incidência de radiação, apresentando aumento nas taxas de crescimento e de recrutamento de plântulas, principalmente pioneiras (Sizer et al., 1999; Laurance et al., 1998; Tabarelli et al., 2009), enquanto outros grupos como, por exemplo, árvores de grande porte, árvores polinizadas por vertebrados e principalmente aquelas sensíveis à alta radiação morrem (Tabarelli et al., 2009).

Tabela 3. Porcentagem de sobrevivência dos exemplares de *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez que permaneceram na borda da pista após a supressão da vegetação e de exemplares do interior da mata (n = 20).

Table 3. Survival percentage of *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez plants that remained on the edge of the road after deforestation and the specimens that remained inside the forest (n = 20).

Ambiente	% de sobrevivência
Borda	100
Interior	100

Tabela 4. Médias do comprimento foliar e número de folhas dos exemplares de *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez que permaneceram no interior da mata e de exemplares que ficaram na borda da pista após a supressão da vegetação, no início, aos 4 e 18 meses (n = 20).

Table 4. Average of leaf length and number of leaves of specimens of *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez that remained on the edge of the road after deforestation and the specimens that remained inside the forest, at the beginning, at 4 and 18 months (n = 20).

Característica	Ambiente/Tempo após Desmatamento					
	Interior/início	Interior/ após 4 meses	Interior/ após 18 meses	Borda/início	Borda/ após 4 meses	Borda/ após 18 meses
comprimento foliar	158,3 ± 10,2	158,1 ± 11,3	164,3 ± 8,4	114,4 ± 8,6	86,1 ± 8,1	117,7 ± 10,8
número de folhas	5,5 ± 1,6	5,5 ± 3,6	6,4 ± 1,9	5,0 ± 1,4	4,6 ± 1,4	5,8 ± 1,3

Os resultados com *Goepertia* indicam que esta espécie, assim como outras Marantaceae, também apresenta plasticidade fenotípica, conforme proposto por Paixão et al. (2014), exibindo elevada capacidade de adaptação, com pequeno período de aclimação aos efeitos de borda promovidos pelo desmatamento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, não é necessário o resgate de exemplares de *Ctenanthe lanceolata* Petersen nem de *Goepertia monophylla* (Vell.) Borchs. & S. Suárez que permaneceram na borda da mata após o desmatamento, pois a taxa de sobrevivência destas duas espécies é alta. Porém, uma vez resgatadas e realocadas, essas espécies apresentaram boa adaptação e desenvolvimento nas condições ambientais (ensolarada e sombreada) avaliadas neste estudo, sugerindo que tais realocações, quando consideradas oportunas, seriam viáveis.

Os impactos oriundos de construções de rodovias e outros empreendimentos são grandes, e reduzir estes impactos é um grande desafio. Estudos como este servem de experiência e base para medidas que poderão ser empregadas em outros projetos, com o objetivo de diminuir e compensar os impactos ambientais causados por estes tipos de obras.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa de Desenvolvimento Rodoviário S.A. – DERSA e ao Instituto de Botânica, pelos recursos fornecidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L. Marantaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed.). **The families and genera of vascular plants**. Volume IV. Flowering plants, Monocotyledons, Alismatanae and Commelinanae (except Graminae). Berlin: Springer, 1998. p. 278-293.

ATROCH, E.M.A.C. et al. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil. – contexto histórico e perspectivas futuras. In: BAGER, A. (Ed.). **Ecologia de estradas**. Lavras: UFLA, 2012. p. 13-24.

BORCHSENIUS, F. et al. Molecular phylogeny and redefined generic limits of *Calathea* (Marantaceae). **Systematic Botany**, v. 37, n. 3, p. 620-635, 2012.

BRAGA, J.M.A. Marantaceae – novidades taxonômicas e nomenclaturais III: tipificações, sinonímias e uma nova combinação em *Calathea*. **Acta Bot. Bras.**, v. 19, n. 4, p. 763-768, 2005.

_____. Two new species of *Calathea* (Marantaceae) from South-eastern Brazil. **Kew Bulletin**, v. 63, p. 309-314, 2008.

_____.; SAKA, M. Marantaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB157>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

BRUNA, E.M. et al. Experimental assessment of *Heliconia acuminata* growth in fragmented Amazonian landscape. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 639-649, 2002.

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.

CHAZDON, R.L. Light variation and carbon gain in rain forest under storey palms. **Journal of Ecology**, v. 74, p. 995-1012, 1986.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. **Previsão climática**. 2012. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt/#>>. Acesso em: 11 fev. 2016.

COSTA, F.R.C.; ESPINELLI, F.P.; FIGUEIREDO, F.O.G. **Guia de marantáceas da Reserva Ducke e da Reserva Biológica do Uatumã**. Manaus: INPA, 2008. 154 p.

DAHLGREN, R.M.; CLIFFORD, H.T.; YEO, P.F. **The families of the monocotyledons** – structure, evolution and taxonomy. New York: Springer, 1985. 520 p.

EITEN, G. A vegetação do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Botânica**, v. 7, p. 1-147, 1970.

FORMAN, R.T.T. et al. **Road ecology: science and solutions**. Washington, D.C.: Island Press, 2003. 481 p.

GENTRY, A.H.; DODSON, C. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. **Biotropica**, v. 19, p. 149-156, 1987.

HEYWOOD, V.M. Marantaceae. In: _____. **Flowering plants of the world**. Oxford: Oxford University Press, 1978. p. 300-301.

JASPER, A. et al. Metodologia de salvamento de Bromeliaceae, Cactaceae e Orchidaceae na pequena central hidrelétrica (PCH) Salto Forqueta – São José do Herval/Putinga – RS – Brasil. **Pesquisas Botânica**, v. 56, p. 265-284, 2005.

KING, D. Influence of light level on the growth and morphology of saplings in a Panamanian forest. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 8, p. 948-957, 1994.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

- LAURANCE, W.F. et al. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation Biology**, v. 12, p. 460-464, 1998.
- LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S. Structure of the herb stratum under different light regimes in the Submontane Atlantic Rain Forest. **Braz. J. Biol.**, v. 69, p. 289-296, 2009.
- LIMA-RIBEIRO, M.S. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, v. 22, n. 2, p. 535-545, 2008.
- LOWE, A.J. et al. Genetic resource impacts of habitat loss and degradation: reconciling empirical evidence and predicted theory for Neotropical trees. **Heredity**, v. 95, p. 255-273, 2005.
- LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer, 2008. p. 107-125.
- MABBERLEY, D.J. **The plant-book** – a portable dictionary of higher plants. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 706 p.
- MORAES NETO, S.P. et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na Mata Atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p.35-45, 2000.
- MULKEY, S.S. Photosynthetic acclimation and water-use efficiency of three species of understory herbaceous bamboo (Graminae) in Panama. **Oecologia**, v. 70, p. 514-519, 1986.
- _____. et al. Comparative life history and physiology of two understory neotropical herbs. **Oecologia**, v. 88, p. 263-273, 1991.
- MURCIA, C. Edges effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- NODARI, R.O. et al. Crescimento de mudas de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.) em diferentes condições de sombreamento e densidade. **Revista Árvore**, v. 23, n. 3, p. 285-292, 1999.
- OSUNKOYA. O.A.; ASH, J.E. Acclimation to a change in light regime in seedlings of six Australian rainforest tree species. **Australian Journal of Botany**, v. 39, p. 591-605, 1991.
- PAIXÃO B.H.; COSTA G.A.P.; CLEMENTE-CARVALHO, R.B.G. Efeito da fitofisionomia sobre a morfometria foliar e seleção de habitat de morfoespécies da família Marantaceae numa área de Mata Atlântica sobre a formação Barreiras. **Natureza Online**, v. 12, n. 5, p. 240-244, 2014.
- PETERSEN, O.G. Marantaceae. In: MARTIUS, C.F.P.; EICHLER, A.G.; URBAN, I. (Ed.). **Flora Brasiliensis**. Leipzig, 1890. v. 3, part 3, p. 81-172.
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001. 328 p.
- RIBEIRO, M.T.; RAMOS, F.N.; SANTOS, F.A.M. Tree structure and richness in an Atlantic Forest fragment: distance from anthropogenic and natural edges. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1123-1132, 2009.
- SAKA, M.N.; LOMBARDI, J.A. Contribuição ao conhecimento de *Goepertia* (Marantaceae) no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 64., 2013, Belo Horizonte, 2013. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Botânica, 2013. Disponível em: <<http://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins18393-id5094.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- SANTOS JUNIOR, N.A.; TAMAKI, V. Realocação de plantas resgatadas em processos de supressão da vegetação: uma ação do Projeto Rodoanel Trecho Norte/SP. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO DE BOTÂNICA, 21., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica, 2014. p. 1-5.
- SEARLE, S.Y. et al. Leaf respiration and alternative oxidase in field-grown alpine grasses respond to natural changes in temperature and light. **New Phytologist**, v. 189, p. 1027-1039, 2011.

SANTOS, V.R. dos et al. Sobrevivência de Marantaceae após desmatamento.

SILVA, N.F. et al. Resgate de mudas de *Lychnophora pohlii* como alternativa para recuperação e conservação de campo rupestre. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 645-654, 2015.

SUGIYAMA, M. Biomas do Estado de São Paulo. In: BONONI, V.L.R. (Coord.). **Biodiversidade**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2010. p. 31-49.

TABARELLI, M. et al. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1419-1425, 2004.

_____. et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, p. 132-138, 2005.

_____.; PINTO, S.R.; LEAL, I.R. Floresta Atlântica nordestina: fragmentação, degeneração e perda de biodiversidade. **Ciência Hoje**, v. 44, n. 263, p. 36-41, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th ed. Massachusetts: Sinauer, 2010. 782 p.

TAMAKI, V. et al. Sobrevivência de *Cyathea atrovirens* (Cyatheaceae; Pteridophyta) após desmatamento. **Revista do Instituto Florestal**, v. 26, n. 2, p. 215-225, 2014.

_____.; MEDINA, I.A. Realocação da bromélia *Nidularium innocentii* Lem. resgatada após o desmatamento das obras do Rodoanel Mário Covas. In: BARBOSA, L.M. (Coord.). **Anais do III Simpósio sobre Recuperação de Áreas Degradadas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2009. p. 264.

_____. Mudas de *Euterpe edulis* realocadas em floresta remanescente. In: BARBOSA, L.M. (Coord.). **Anais do IV Simpósio de Restauração Ecológica: desafios atuais e futuros**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2011. p. 310.

WANDERLEY, M.G.L.; VIEIRA, S. Nova espécie de *Calathea* G. Mey. (Marantaceae) para o Brasil. **Hoehnea**, v. 29, n. 2, p. 115-118, 2002.

WARDLAW, I.F. The control of carbon partitioning in plants. **New Phytologist**, v. 116, n. 3, p. 341-381, 1990.

**WOOD HYDRAULIC CHARACTERISTICS IN TWO PROVENANCES OF
Myracrodruon urundeuva Allemão (Anacardiaceae) TREES¹**

**CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DA MADEIRA EM ÁRVORES DE DUAS
PROCEDÊNCIAS DE *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae)**

Gabriela Trindade PIRES²; Eduardo Luiz LONGUI^{2, 4}; Guillermo ANGELES³;
Israel Luiz de LIMA²; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM²; Diego ROMEIRO²

ABSTRACT – We compared the hydraulic features in wood of *Myracrodruon urundeuva* trees planted in Experimental Forest Station of Luiz Antônio, the seeds were collected from two natural populations in Ilha Solteira – IS and Pederneiras – PE, three cities in the state of São Paulo, Brazil. In a previous study of the same plantation, we observed radial variation differences in vessel diameter and frequency in the main stem between two seed provenances, leading us to hypothesize that this variation could be traced back to the origin of seeds. To test this hypothesis in the present work, branches approximately 2 cm in diameter were collected from ten trees, five from each provenance. We used the standard techniques for wood anatomy. Experimental values of hydraulic conductivity were obtained with the Sperry apparatus. The higher hydraulic conductivity found in IS could be explained by the wider vessel diameter when compared with vessel diameter and higher percentage of embolized vessels in PE. Therefore, it is possible that the characteristics of vessel width and embolization could be related to genotype in that the mother trees in IS may be more adapted to high water deficit. Vessel length did not vary between provenances, this feature could not be used to explain the variations found in hydraulic conductivity. Our results show that different provenances have different strategies for water use and that the lower density in IS could be related to wider vessel diameter and, hence, more efficient water distribution.

Keywords: hydraulic conductivity; aroeira; vessel diameter.

¹Recebido para análise em 12.08.2016. Aceito para publicação em 19.12.2016.

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

³Instituto de Ecología, A.C. Red de Ecología Funcional, Xalapa, Veracruz, México.

⁴Corresponding author: Eduardo Luiz Longui – edulongui@gmail.com

RESUMO – Comparamos as características hidráulicas de árvores de *Myracrodruon urundeuva* provenientes de sementes de duas populações naturais de Ilha Solteira – IS e Pederneiras – PE, no Estado de São Paulo, Brasil, que cresceram no mesmo ambiente, a Estação Experimental de Luiz Antônio, São Paulo. Em um estudo anterior da mesma plantação, observamos variação radial no diâmetro e frequência dos vasos no tronco principal entre as duas procedências de sementes. Hipotetizamos que há variação na condutividade hidráulica entre as árvores de duas procedências e que esta variação deve estar relacionada com a origem das sementes. Estudamos galhos de aproximadamente 2 cm de diâmetro, retirados de dez árvores, cinco de cada procedência. Utilizamos técnicas padrão para a anatomia da madeira. Os valores experimentais de condutividade hidráulica foram obtidos com o aparato de Sperry. O comprimento dos vasos não variou entre as procedências, portanto, esta característica não explica as variações encontradas na condutividade hidráulica. A maior condutividade hidráulica encontrada em IS pode ser explicada pelo maior diâmetro dos vasos quando comparados com aqueles de PE, além da maior porcentagem de vasos embolizados em PE. Ambas as características podem estar relacionadas ao genótipo, uma vez que, as árvores-mãe em IS podem estar adaptadas ao maior déficit hídrico de IS quando comparado com PE. Portanto, a maior condutividade hidráulica em IS pode ser uma estratégia para permitir uma distribuição mais eficiente de água na planta em um ambiente com maior estresse hídrico. Nossos resultados sugerem que diferentes procedências têm diferentes estratégias de uso de água. A menor densidade aparente da madeira de IS pode estar relacionada ao maior diâmetro do vaso.

Palavras-chave: condutividade hidráulica; aroeira; diâmetro do vaso.

1 INTRODUCTION

Myracrodruon urundeuva is a Brazilian native species, but not endemic (Silva-Luz and Pirani, 2015). It presents geographic distribution in the North (Tocantins), Northeast (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, and Sergipe), Midwest (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, and Mato Grosso), Southeast (Minas Gerais and São Paulo) and South (Paraná, Rio Grande do Sul, and Santa Catarina), in the biomes of Caatinga, Cerrado and Mata Atlântica (Silva-Luz and Pirani, 2015). *M. urundeuva* heartwood is rot-proof. The high amount of phenolic extractives associated with lignin probably accounts for the high natural wood resistance (Queiroz et al., 2002). Combined with that, the wood's superior strength has, in the past, made it the wood of choice in the construction industry (Lorenzi, 1998). Unfortunately, natural populations have been devastated as a result of uncontrolled exploitation that has virtually extinguished large trees (Brandão, 2000). Consequently, *M. urundeuva* is currently considered endangered, and, as such, it is categorized as vulnerable in Brazil (Mendonça and Lins, 2000).

In the present study, we investigated the hydraulic conductivity in wood of *M. urundeuva*. Hydraulic architecture, a manifestation of efficiency and safety of water transport, is regulated, in part, by anatomical characteristics, such as arrangement, frequency, length, and diameter of vessels; vessel wall thickness and pit characteristics of conducting elements (Hacke et al., 2006, Sperry et al., 2006, Choat et al., 2008). Particularly, in woody angiosperms, long-distance water transport is carried on through vessel lumina, but it also occurs laterally, between adjacent vessels, through pit apertures. Vessel elements are interconnected longitudinally, forming vessels that, depending on the species, can reach several meters in length. Transpiration is the moving force that brings water all the way from roots upward through xylem to leaves. To accomplish the upward movement, transpiration utilizes the forces of cohesion and adhesion causing water molecules to form a column in the xylem through which water ultimately evaporates and leaves the plant via stomata (Fonti et al., 2010). Since vessel elements are the main water transporting cells in angiosperms, it is expected that any variation in frequency and dimension of these cells, caused by the environment, will have a direct influence on hydraulic conductivity.

In a previous study in the same plantation (Longui et al. unpublished data)⁵, we observed radial variation differences in vessel diameter and frequency in the main stem (DBH at breast height, 1.30 m) between two seed provenances, leading us to hypothesize that variation in hydraulic conductivity between the two provenances must exist. Therefore, in the present study, we aimed to determine whether seed origin affects hydraulic conductivity of *Myracrodruon urundeuva* wood and the resulting variation.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Origin of Seeds and Area of Cultivation

Open-pollinated seeds were collected from *M. urundeuva* natural populations in two

municipalities in the State of São Paulo, Brazil. In Ilha Solteira – IS (Cerrado), the seeds were collected in 1987, in the area has Red Latosols and Red Argisols (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999). In Pederneiras – PE (Seasonal Semideciduous Forest), the seeds collected in 1992, in the area has Latosols and Argisols (EMBRAPA, 1999). A study of silvicultural variation was then conducted between these two provenances during tree maturation (Gurgel-Garrido et al., 1997). Seedlings were produced and planted at the Luiz Antônio Experimental Station – LA (Cerrado), Luiz Antônio City, São Paulo, during 1988 in IS and 1993 in PE. In the LA area has Red Latosols (EMBRAPA, 1999). Climatic data of collection location of seeds and planting of trees are shown in Figure 1.

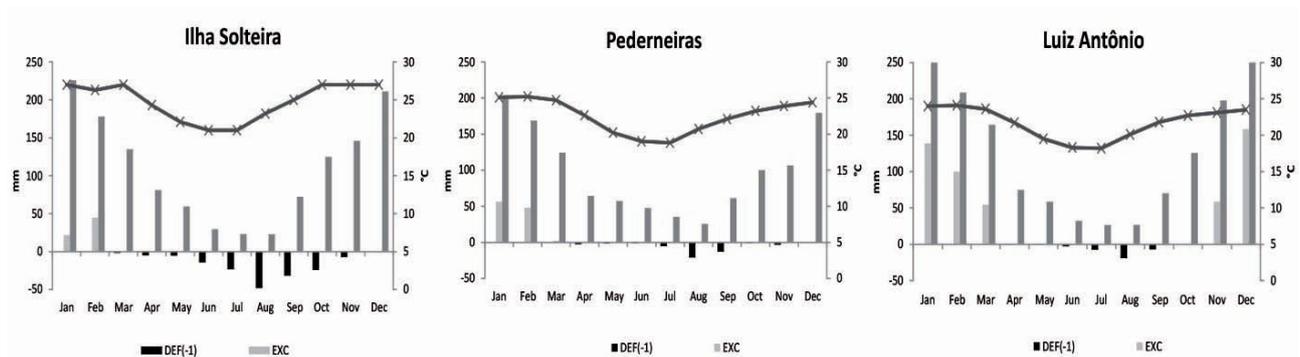


Figure 1. Average monthly precipitation, water deficit (DEF-1), water excedent (EXC) in bars, and mean temperature in lines of three areas – 1961-1990 (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI, 2016).

Figura 1. Precipitação média mensal, déficit hídrico (DEF-1), excesso de água (EXC) em barras e temperatura média em linhas das três áreas – 1961-1990 (CEPAGRI, 2016).

2.2 Initial Procedure

Dendrometric data of trees are shown in Table 1. With the aid of a Jameson Big Mouth Pruner, two branches, at the bottom of the crown, approximately 2 cm in diameter and 1.5 cm in length, were collected from each plant. We emphasize that samples come from young branches, then there is no presence of heartwood, which in this species presents vessels obstructed by tyloses. Five specimens

from each provenance were selected, totaling 10 trees and 20 branches. Immediately after cutting the first branch of each tree, it was immersed in a water container made with a PVC tube 15 cm wide and 100 cm long, sealed tightly at its bottom, and transported to the laboratory to determine hydraulic conductivity – Kh, percentage of embolized vessels – PLC and density – SG. The second branch from each tree was used to measure maximum vessel length – MVL) and was pruned and transported to the laboratory (Figure 2).

⁵LONGUI, E.L. et al. Genetic versus environmental influence on radial variation in *Myracrodruon urundeuva* wood. *FLORAM – Revista Floresta e Ambiente*, 2017. (no prelo).

Table 1. Dendrometric data of 23-year-old (Ilha Solteira) and 18-year-old (Pederneiras) *Myracrodruon urundeuva* trees. DBH = diameter at breast height.

Tabela 1. Dados dendrométricos das árvores de *Myracrodruon urundeuva* aos 23 anos (Ilha Solteira) e aos 18 anos (Pederneiras). DBH = diâmetro à altura do peito (DAP).

Ilha Solteira			Pederneiras		
Tree	Height (m)	DBH (cm)	Tree	Height (m)	DBH (cm)
IS 1	16	23	PE 1	20	19.5
IS 2	15	26	PE 2	17	14
IS 3	17	26	PE 3	16	17.5
IS 4	20	26	PE 4	16	14
IS 5	19	24	PE 5	15	15.5
Mean	17.4	25	Mean	16.8	16.1

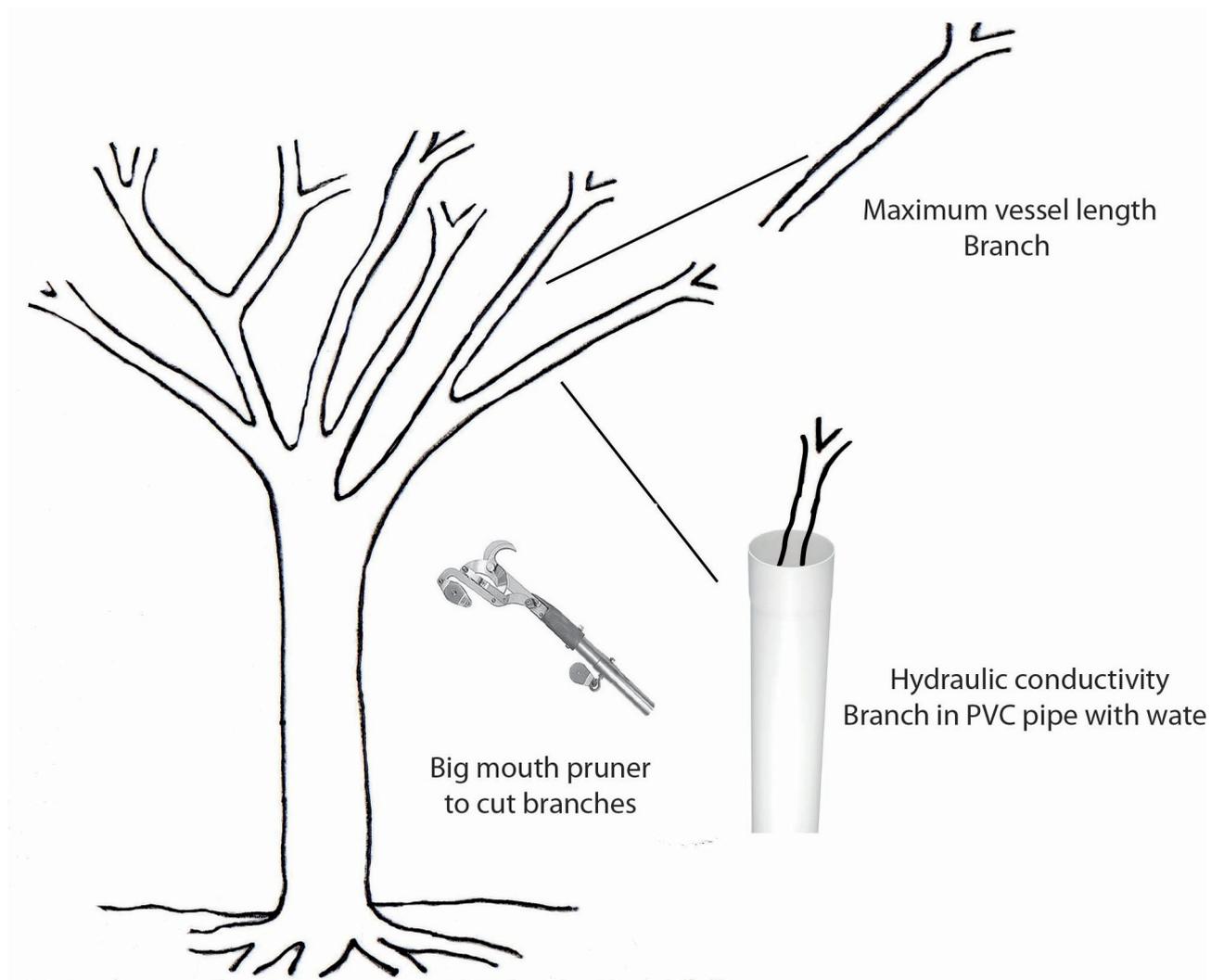


Figure 2. Illustration of sampling design for hydraulic conductivity analysis.

Figura 2. Ilustração da amostragem para as análises de condutividade hidráulica.

2.3 Maximum Vessel Length (MVL)

The technique described by Ewers and Fisher (1989) was used to measure MVL. It is important to determine MVL in order to make certain that the segments used to measure hydraulic conductivity have, at least, one vessel end. This, assuming that vessel end distribution is hazardly distributed inside the branches (Tyree and Zimmermann, 2013). Once leaves were removed, both ends of each branch were cut with the aid of pruning scissors. A final shaving was made using new razor blades to remove debris. One branch end was debarked for a length of 2 cm to allow connection to an air compressor using high pressure-resistant (up to 50 KPa) plastic tubing,

aided with connectors and fasteners. The opposite branch end was kept immersed in water. Once the system was perfectly mounted with no air leaks, air was blown into the branch, carefully checking for the presence of bubbles coming out of the branch end immersed in water. If no bubbles were present, a segment 2 cm long was removed from the distal end and reimmersed in water. The procedure was repeated as many times as needed, until the first bubble was observed coming from the open vessels (Figure 3a-c). After this procedure, the branch segment remaining was measured with a measuring tape, adding 1 cm to compensate for the uncertainty of the last cut (length of segment removed each time, divided by two). This measurement provides a good approximation of MVL.

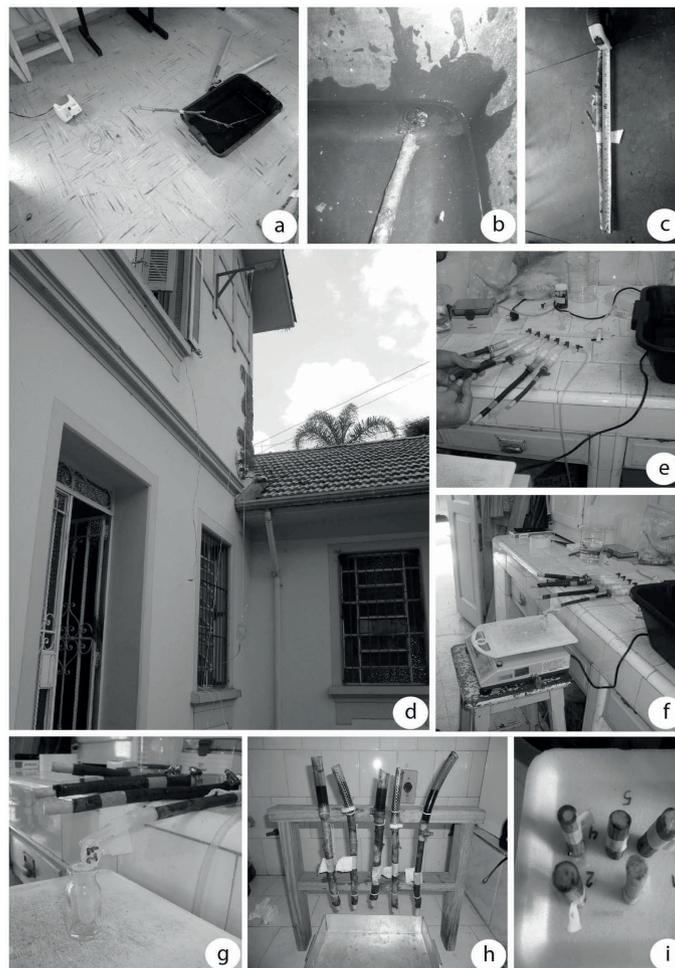


Figure 3. Methods for measuring maximum vessel length (a-c), hydraulic conductivity (d-g) and percentage of embolized vessels (h-i).

Figura 3. Métodos para medir o comprimento máximo do vaso (a-c), condutividade hidráulica (d-g) e porcentagem de vasos embolizados (h-i).

2.4 Hydraulic Conductivity

Once the MVL was known, segments shorter than MVL were obtained from a different branch, keeping the branch under water to avoid introducing air into the exposed vessels. Both ends of these new segments were trimmed with a cutter and retrimmed with new razor blades (Sperry et al.; 1988, Tyree and Ewers, 1991; Davis et al., 2009) to keep vessels open.

One end of each segment was connected to a set of multiple connectors (a manifold), using plastic fasteners to seal the connection. If the branch was too thick for the hose, a band of bark 2 cm wide was removed, as necessary. If, on the contrary, the branch was thinner than the hose, a band 2 cm wide of a thinner hose was inserted in one branch end and then the branch and hose were inserted into the manifold (Figure 3d-g).

To measure water conductivity, a solution of 1% acetic acid in distilled water was prepared, to avoid fungal and bacterial growth during measurements. This solution was kept under refrigeration until use. Just before use, this solution was subjected to vacuum for 24 hours to eliminate air dissolved in the solution, to avoid introducing air into the vessels. To measure the flux of solution through each branch segment in the manifold, a container (a bag originally used for intravenous infiltration) filled with the degassed acetic acid solution, as described above, was kept at a height of 60 cm from the working surface. The valve connecting the container to the manifold was opened, while the valves connecting each branch segment were kept closed. After confirming that the system was air-free, the valve connected to the first branch segment was opened, allowing the solution to flow through that branch segment. At the other end of the branch, the solution coming out the branch segment was collected in a glass vial that was previously weighed. The vial was tagged to identify it as belonging to that particular branch segment. Then, the vial with the collected solution was weighed using an electronic balance with a precision of 0.001 mg (Figure 3d-g). The amount of water collected in 1 minute was calculated by subtracting the weight of the vial from the weight of the vial with the collected solution. The same procedure was repeated 10 times to obtain the amount of water flowing through each branch segment during one minute in response to the pressure differential created by the water head at 0.6 m, *i.e.*, 60×10^{-3} MPa.

After this, the valve leading to that branch segment was closed, and the next one was opened to repeat the procedure.

Hydraulic conductivity for each segment was calculated by multiplying the water flux times the quotient of pressure gradient (dp), divided by the branch segment (dl):

$$k_h = \text{Flux} \frac{d_p}{d_l} \left[\frac{\text{Kg} \cdot \text{MPa}}{\text{seg} \cdot \text{m}} \right]$$

This represents hydraulic conductivity before removing embolisms. To remove embolisms from the system, the solution container was elevated to 7 m, using a support with a pulley placed on the outside of the laboratory building to connect to the manifold (Figure 3d-g). At this step, passage of this solution was forced through all the segments at the same time, during 20 minutes, to remove embolisms. After this, the system was again brought up to the original height of 0.6 m, and the Kh was calculated again for each branch segment to obtain maximum $Kh1$. To make sure that all embolisms had been removed, the system was subjected again to high pressure during 20 minutes, and $Kh2$ was calculated, as described. In all cases, no significant differences were observed between $Kh2$ and $Kh1$. Therefore, it was assumed that one removal of embolisms was enough to allow for accurate calculation of the maximum Kh . The difference between maximum and minimum Kh gives the percentage of embolisms in the branch at the time of its collection:

$$\% \text{ embolism} = \left(\frac{\text{maximum } K_h - \text{minimum } K_h}{\text{maximum } K_h} \right) \times 100$$

2.5 Percentage of Embolized Vessels

Other segments of the same branches used to measure Kh were used to obtain the percentage of embolized vessels. A 0.01% aqueous safranin solution was added into a 1% acetic acid solution and passed twice through a Whatman filter No. 1 to eliminate any particles that could clog the vessels (Ewers and Fisher, 1989).

A portion of stem about 15 cm long was cut under water to avoid entrance of air. Then, both ends of this segment were cut clean with safety razor blades to open closed vessels.

In one of the branch ends, a plastic tube 15 cm long was connected, using metal clamps to avoid solution leakage. The tube and branch were placed vertically, attached to a support, with a vial under the branch. The water in the tube was replaced with the 0.01% aqueous safranin solution described above, filling it completely. When the solution passed through the branch, the tube was filled with a 1% solution of acetic acid in distilled water to remove excess of safranin from the branch (Figure 3h-i).

The branch was cut at the middle and sectioned with a safety razor blade. Images from these sections were obtained, followed by counting stained and unstained vessels (Figure 3h-i). Here, % of embolized vessels = [(# conductive vessels - # nonconductive vessels)/Total vessel number] x100).

2.6 Wood Anatomy

After determining hydraulic conductivity of a branch, we obtained samples (one from each branch) from the central portion of the same branch to determine vessel diameter and frequency. The samples were the branches themselves, however, in measurement of anatomical features only portions near to the bark were measured. Samples were softened in boiling water and glycerin (4:1) for approximately 1 h. Transverse sections 20-25 μm thick were cut using 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 Committee (1989). Quantitative data are based on at least 25 measurements for each feature, and the statistical requirements for minimum numbers of measurements were fulfilled.

2.7 Density

Density (ρ_{12}) was determined at equilibrium moisture content (EMC-12%) condition and calculated by the relation between mass and volume at the same moisture content. Volume was evaluated by the volume of water displaced during immersion of the specimens (Glass and Zelinka, 2010), as $\rho_{12} = M/V$,

where ρ_{12} = density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$); M = wood mass at 12% moisture content (kg); and V = wood volume at 12% moisture content (m^3).

2.8 Statistical Analysis

Descriptive statistical analysis and comparison between means were performed to test differences between groups. With these results, a “t-test sample size” was made to determine the number of measurements needed to reach a power of 0.9. A normality test was used to observe data distribution. According to data distribution, when a normal distribution was observed, a parametric t-test was applied, and the results were expressed as a mean and standard deviation. When a normal distribution of data was not observed, data were square root-transformed.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Maximum vessel lengths did not differ between provenances. Hydraulic conductivity and vessel diameter were higher in IS. On the other hand, vessel frequency, percentage of embolized vessels and density were higher in PE (Table 2).

Table 2. Hydraulic features and wood density of 23-year-old (Ilha Solteira) and 18-year-old (Pederneiras) *Myracrodruon urundeuva* trees.

Tabela 2. Características hidráulicas e densidade da madeira de árvores de *Myracrodruon urundeuva* aos 23 anos (Ilha Solteira) e aos 18 anos (Pederneiras).

Hydraulic features and density	Ilha Solteira	Pederneiras
Maximum length of vessels (cm)	72a	66a
Hydraulic conductivity ($\text{kg}\cdot\text{MPa}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$)	0.155a	0.124b
Percentage of embolized vessels (%)	33b	57a
Vessel diameter (μm)	65a	62b
Vessel frequency ($\text{n}^\circ\text{mm}^{-2}$)	28b	34a
Density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	915b	1074a

Vessel diameter and frequency alone do not determine hydraulic conductivity in woody plants; however, maximum vessel length must be considered because the end-wall effect (connection between vessels) appears to reduce conductivity at a given diameter by a relatively constant 56% in angiosperms with simple perforation plates (Sperry et al., 2006). *M. urundeuva* has simple perforation plates, but since vessel length did not vary between provenances, this feature did not explain the variations found in conductivity, showing that, even at different ages, vessel length had reached its maximum value for the species. We did not find any other study on *Myracrodruon urundeuva* with which to compare maximum vessel length, since this parameter is not taken into account in anatomical studies where individual vessel element length is reported.

Measured hydraulic conductivity presented statistical differences between provenances. IS showed higher values (Table 2), indicating that wood from both provenances differed in architecture and hydraulic transport efficiency, in spite of having different genotypes. We observed vessels with larger diameters in IS, compared with the PE, which indicates a potentially greater hydraulic efficiency in IS, essentially because wider vessels are more conductive than narrower ones (McElrone et al., 2004; Fan et al., 2012), a fact already well documented among wood anatomists. According to Carlquist (2001), larger diameter of conductive elements correlates with larger hydraulic conductivity, resulting in an increased rate of photosynthesis.

These variations can be explained in two ways:

- 1) first, seeds receive genetic information from the mother trees; therefore, differences in xylem traits could occur as a result of seed provenance. Since we did not perform heritability studies of this material, we cannot say whether this genetic information is maintained throughout the lifetime of the studied trees.

However, since wood anatomists have agreed that anatomy is quite conservative compared to the more ephemeral parts of plants, such as the leaves, it is possible that trees express phenotypical variations influenced by their original environment, e.g., climate and soil;

- 2) second, it is possible that these variations arise as a result of age. More specifically, at the time of collection, IS trees were 23 years old, while those of PE were 18 years old. This difference is mainly based on tree diameter measured as DBH (25 cm in IS and 16.1 cm in PE), not height, which exhibited, on average, less than one meter of difference between provenances.

It was noted above that changes in tree height between the two provenances were slight, making it impossible to establish a relationship between tree height and our results. Currently, studies, such as those of Anfodillo et al. (2006, 2013) and Olson and Rosell (2013), have shown that tree height influences vessel diameter. Olson and Rosell (2013), for example, claim that plant size is related to climate, leading indirectly to a vessel-climate relationship in which vessels are likely narrower in drier communities because dryland plants are, on average, smaller, not because they have narrow vessels for their stem sizes. It is a fact that wider vessels occurred in branches collected from IS, a place which undergoes more restrictive water stress than PE.

The higher presence occurrence of embolisms in PE, associated with smaller vessel diameter, contributed to lower hydraulic conductivity compared to IS. According to Carlquist (2001), larger vessels are more susceptible to the development of embolisms, especially embolisms of larger size; therefore, it becomes correspondingly harder to revert it, impeding the refilling of the embolized vessel. In finer capillaries, embolisms are smaller and easier to dissolve. However, in the present study, just the opposite was observed.

IS trees, with wider vessels, presented a lower percentage of embolized vessels (Table 2). This contradiction could be explained by the environmental influence of mother tree origin. That is, IS presents more limited water availability (Figure 1); therefore, IS trees could be more adapted to water stress and could recover more quickly from embolisms than PE trees.

Xylem tensions causing cavitation vary with species. The ability to recover from embolisms may be associated with the presence of living cells adjacent to the vessels. According to Brodersen et al. (2010), parenchyma cells secrete solutes into the vessel, establishing an osmotic gradient, and water will gradually refill the air-filled vessels, either dissolving air micro-bubbles in the solution or forcing them into the surrounding hydrophobic microchannels in the vessel wall.

Wood density is often negatively correlated with hydraulic conductivity (Bucci et al., 2004). In this study, we did not see this relationship; however, lowest densities are associated with wider vessel diameter (Hoadley, 2000). In this study, lower density in IS could be related to wider vessel diameter.

4 CONCLUSION

Vessel length did not vary between provenances; therefore, this feature does not explain the variations found in hydraulic conductivity. The higher hydraulic conductivity measured in IS can be explained by wider vessel diameter, when compared with smaller vessel diameter and higher percentage of embolized vessels in PE. Both characteristics could be related to the genotype since it is likely that the IS mother tree would have been more adapted to the higher water deficit in IS, as compared to PE. Therefore, given the water-deficient environment, a higher hydraulic conductivity in IS could be a strategy to allow a more efficient water distribution in the plant.

Our results suggest that different provenances have different strategies for water use. Lower density in IS could be related to wider vessel diameter.

5 ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Sonia Godoy Campião for laboratory assistance and Dirceu de Souza for fieldwork. We also thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (National Council for Scientific and Technological Development – 145829/2012-0) for a grant to Gabriela Trindade Pires.

REFERENCES

- ANFODILLO, T. et al. Convergent tapering of xylem conduits in different woody species. **New Phytologist**, v. 169, p. 279-290, 2006.
- _____.; PETIT, G.; CRIVELLARO, A. Axial conduit widening in woody species: a still neglected anatomical pattern. **IAWA Journal**, v. 34, p. 352-364, 2013.
- BAAS, P. et al. Evolution of xylem physiology. In: HEMSLEY, A.R.; POOLE, I. **The evolution of plant physiology**. London: Elsevier Academic Press, 2004. p. 273-295.
- BRANDÃO, M. Caatinga. In: MENDONÇA, M.P.; LINS, L.V. (Org.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas: Fundação Zêo-Botânica de Belo Horizonte, 2000. p. 75-85.
- BRODERSEN, C.R. et al. The dynamics of embolism repair in xylem: in vivo visualizations using high resolution computed tomography. **Plant Physiology**, v. 154, p. 1088-1095, 2010.
- BUCCI, S.J. et al. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology**, v. 24, p. 891-900, 2004.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood.** 2nd ed. Berlin: Springer, 2001. 448 p.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas.** Available at: <http://www.cpa.unicamp.br/outras_informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Access on: 20 Sept. 2016.

CHOAT, B.; COBB, A.R.; JANSEN, S. Structure and function of bordered pits: new discoveries and impacts on whole-plant hydraulic function. **New Phytologist**, v. 177, p. 608-626, 2008.

DAVIS, S.D.; SPERRY, J.S.; HACKE, U.G. The relationship between xylem conduit diameter and cavitation caused by freezing. **American Journal of Botany**, v. 86, p. 1367-1372, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412 p.

EWERS, F.W.; FISHER, J.B. Techniques for measuring vessel lengths and diameters in stems of woody plants. **American Journal of Botany**, v. 76, n. 5, p. 645-656, 1989.

FAN, Z.X. et al. Hydraulic conductivity traits predict growth rates and adult stature of 40 Asian tropical tree species better than wood density. **Journal of Ecology**, v. 100, p. 732-741, 2012.

FONTI, P. et al. Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. **New Phytologist**, v. 185, p. 42-53, 2010.

GLASS, S.; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: ROSS, R (Ed.). **Wood handbook – wood as an engineering material.** 100th ed. Madison: Centennial Edition. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 4.1-4.19. (General Technical Report FPL-GTR-190).

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

HACKE U.G. et al. Scaling of angiosperm xylem structure with safety and efficiency. **Tree Physiology**, v. 26, p. 689-701, 2006.

HOADLEY, B. **Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology.** 2nd ed. Newtown: Taunton Press. 2000. 280 p.

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

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

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 2, 352 p.

McELRONE, A.J.; et al. Variation in xylem structure and function in stems and roots of trees to 20 m depth. **New Phytologist**, v. 163, n. 3, p. 507-517, 2004.

MENDONÇA, M.P.; LINS, L.V. (Org.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2000. 157 p.

OLSON, M.E.; ROSELL, J.A. Vessel diameter–stem diameter scaling across woody angiosperms and the ecological causes of xylem vessel diameter variation. **New Phytologist**, v. 197, p. 1204-1213, 2013.

QUEIROZ, C.R.A.A.; MORAIS, S.A.L.; NASCIMENTO, E.A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

SILVA-LUZ, C.L.; PIRANI, J.R. *Anacardiaceae*. In: LISTA de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4394>>. Access on: April 2015.

PIRES, G.T. et al. Hydraulic characteristics in *Myracrodruon urundeuva* wood.

SPERRY, J.S.; DONNELLY, J.R.; TYREE, M.T. A method for measuring hydraulic conductivity and embolism in xylem. **Plant Cell and Environment**, v. 11, p. 35-40, 1988.

_____.; HACKE, U.G.; PITTERMANN, J. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. **American Journal of Botany**, v. 93, p. 1490-1500, 2006.

TYREE, M.T.; EWERS, F.W. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. **New Phytologist**, v. 119, p. 345-360, 1991.

_____.; ZIMMERMANN, M.H. **Xylem structure and the ascent of sap**. 2nd ed. New York: Springer Science & Business Media, 2013. 283 p.

**CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS DE UMA
EMPRESA DE TRATAMENTO DE MADEIRA (NOTA CIENTÍFICA)¹**

**CHARACTERIZATION OF INDUSTRIAL PROCESSES OF A
WOOD TREATMENT COMPANY (SCIENTIFIC NOTE)**

Iann Pinheiro ROCHA²; Luís Carlos de FREITAS^{3,4}; Caio da Silva MAFRA NETO²;
Matheus Lita MACEDO²; Murilo Rocha CERQUEIRA²

RESUMO – O presente estudo foi realizado em uma usina de tratamento de madeira, o município de Eunápolis, Bahia, com o objetivo de verificar e analisar os processos industriais realizados dentro de quatro temáticas (técnico-operacional, ergonômica/segurança no trabalho e ambiental). Os dados foram obtidos por meio de entrevistas e visitas à empresa durante o mês de setembro de 2015. As perguntas foram estruturadas de forma dinâmica e sequencial, compreendendo os processos desde o descascamento até a confecção do produto final (madeira tratada). As análises foram conclusivas e puderam trazer inferências e sugestões de melhoramento funcional nos setores da empresa. As técnicas e operações praticadas estão de acordo com aquelas descritas na literatura; o insumo utilizado é o Arseniato de Cobre Cromatado – CCA que é considerado eficiente e o mais utilizado mundialmente. Em relação aos aspectos ergonômicos, apesar do alto nível de riscos envolvidos nas atividades de produção, o trabalho mostrou ser possível produzir madeira tratada sem comprometer a saúde e a segurança dos operadores, atentando-se, principalmente, na utilização de equipamentos de proteção individual e nas condições de trabalho dos operadores. Ambientalmente, a indústria não apresentou nenhum tipo de problema, apesar de as práticas serem consideradas insuficientes para um planejamento ambiental eficiente.

Palavras-chave: madeira; operação; preservação.

ABSTRACT – This study was carried out in a wood treatment company, located in Eunápolis, Bahia, in order to verify and analyze the industrial processes carried out within four themes: technical-operational, ergonomic and safety, economic and environmental. Data were collected through interviews and field monitoring performed during September 2015. The questions were based on the processes, and ranged from stripping to the sale, through drying and autoclaving. The analyzes were conclusive and could bring functional inferences and suggestions for improvement in the company sectors. The techniques and practices operations are within in the literature and the input used is the Chromated Copper Arsenate – CCA which is considered efficient and the most used worldwide. Environmentally the industry didn't present any environmental problem, but their practices were considered insufficient for effective environmental planning. Dealing with the Ergonomics and Safety, despite the high level of risks involving production activities, it is possible to produce treated wood without compromising operators' health and safety taking into account the use of personal protective equipment and the working conditions of operators. Environmentally, the industry did not present any problem, although practices were considered insufficient for efficient environmental planning.

Keywords: wood; operation; preservation.

¹Recebido para análise em 17.05.2016. Aceito para publicação em 27.10.2016.

²Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 04, Caixa Postal 95, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil.

³Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer Km 04, 45083-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Luís Carlos de Freitas – luiscarlos_ufv@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Assim como em qualquer outro segmento, as empresas do setor florestal são influenciadas por inúmeras variáveis que afetam o seu processo produtivo. Procedimentos técnico-operacionais, aspectos ambientais, segurança e ergonomia são fatores de grande importância que devem ser analisados e avaliados para garantir o bom funcionamento de uma empresa.

Entre as diversas atividades realizadas no segmento florestal, o tratamento de madeira vem-se tornando essencial quando o objetivo é o uso da madeira em sua forma natural. Esse tipo de tratamento consiste em introduzir, por meio de processos adequados, produtos químicos na estrutura da madeira, visando torná-la tóxica aos organismos que a utilizam como fonte de alimentos (Brazolin, 2007). Por conta da madeira possuir ampla aplicabilidade, podendo ser utilizada na fabricação de postes na eletrificação rural, construção de cercas, escoras para videiras e de fundação em construções rústicas, há a necessidade de utilizar a madeira sob condições de imunização química adequada, de forma a prolongar o seu tempo de utilização (Modes et al., 2011).

Apesar de o consumo de madeira na indústria de preservação ser muito inferior quando comparado a outros setores de base florestal, existe uma alta demanda por este tipo de produto. Em 2015, 1,65 milhão de metros cúbicos de madeira (exclusivamente de eucalipto) foram tratados e comercializados no Brasil (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2016). Tal cenário mostra, contudo, a capacidade produtiva do setor e seu potencial de crescimento frente às novas demandas. Entre os produtos fabricados nas empresas de tratamento de madeira, no Brasil, destacam-se os moirões, cuja produção anual é da ordem de 40 milhões de unidades (Geraldo, 2008).

Diante dessas informações, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os aspectos técnicos-operacionais, ergonômicos e de segurança no trabalho e ambiental de uma empresa especializada na produção de moirões de madeira tratada no Estado da Bahia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma empresa de tratamento de madeira localizada na Rodovia BR 367, Eunápolis – BA (coordenadas geográficas 16°21'50"S e 39°31'58"O).

As visitas para elaboração da pesquisa foram realizadas no mês de setembro de 2015. Aplicou-se um questionário em forma de entrevista e sem identificação dos entrevistados. Os fatores observados estiveram relacionados com três elementos fundamentais para o planejamento de uma empresa, englobando neste contexto os aspectos técnico-operacional, ambiental e ergonômico. As perguntas foram fundamentadas em relação aos processos que compreendem desde o descascamento até a confecção do produto final (madeira tratada).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Técnica-Operacional

A matéria-prima utilizada pela empresa é exclusivamente do gênero *Eucalyptus*. A metodologia utilizada é a de célula cheia Burnett, em que inicialmente se retira o ar presente no interior da madeira para facilitar a impregnação do preservativo hidrossolúvel. A substância preservativa utilizada é o Arseniato de Cobre Cromatado – CCA.

Todas as etapas do processo podem ser visualizadas na Figura 1.

Em relação ao descascamento, este processo deve obedecer alguns preceitos e algumas técnicas que podem ser utilizadas para que se tenha maior produtividade na atividade, visando racionalizar e dinamizar a operação, e, assim, contribuir significativamente no rendimento e redução de custos (Miranda et al., 2009). Por conta disso, as indústrias optam pela utilização de máquinas descascadoras. A empresa em estudo utiliza um descascador fixo (industrial de tambor), equipamento complexo e de preço elevado, que apresenta uma alta capacidade produtiva, fazendo com que o custo por unidade produzida seja reduzido. Segundo Miranda (2000), essas máquinas apresentam um custo de R\$ 2,00/m³. Apesar da necessidade de máquinas para o descascamento, a empresa avaliada também utiliza o processo manual, exclusivamente para toras secas, devido a madeira aumentar sua resistência conforme a perda de umidade (Piazza et al., 2005), podendo gerar maiores desgastes das lâminas do descascador mecanizado.

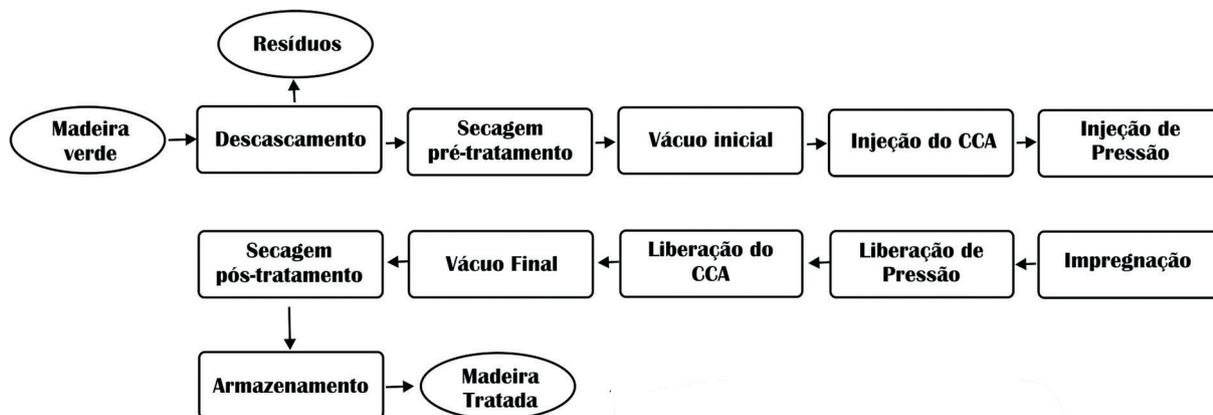


Figura 1. Fluxograma do processo produtivo.

Figure 1. Production process flowchart.

Três funcionários desempenham o descascamento manual, quando necessário, e/ou abastecimento do descascador. O rendimento total dessa atividade é estimado em 50 m³/dia, para uma jornada de 8 horas de trabalho.

Independentemente do método de descascamento empregado, ambos são realizados no pátio da usina, local este que facilita o reaproveitamento de resíduo. O reaproveitamento é de grande importância, já que a quantidade de casca é significativa e seu potencial de transformação é elevado. Exemplo disso são híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em que o volume da casca representa aproximadamente 15% do volume total do fuste (Hsing et al., 2016).

A empresa em questão não reaproveita diretamente esse resíduo. A casca é doada ao setor de cerâmica da região, onde é queimada para a geração de energia. Segundo Santos et al. (2013), os resíduos gerados pelas indústrias do setor florestal podem ter diferentes tipos de destino, e no caso da casca, além do fim energético, pode ser utilizada também para a produção de substratos orgânicos, fabricação de painéis reconstituídos de madeira, entre outros produtos.

O método de secagem pré-tratamento realizado pela empresa é ao ar livre. A secagem ao ar livre leva cerca de 80 dias até as madeiras

apresentarem umidade abaixo dos pontos de saturação das fibras (30%) que, de acordo com Amaral et al. (2014), é o valor de umidade ideal para o tratamento de madeira com autoclave (o número de dias de secagem pode, contudo, variar de acordo com o tamanho, diâmetro e densidade das toras). A principal razão para secagem da madeira é assegurar que a substância preservativa penetre nas porções permeáveis da madeira. A maior parte dos *Eucalyptus* possui densidade básica entre 500 – 800 kg m⁻³ e são relativamente impermeáveis e difíceis de secar. Em teores de umidade acima do ponto de saturação das fibras (PSF), esse gênero mostra um aumento na tendência de apresentar fendas e colapso com o aumento da temperatura (Severo, 2000).

A autoclavagem foi caracterizada pelos processos desde a aplicação do vácuo inicial, passando pela injeção da substância preservativa e pressão, impregnação propriamente dita, retirada da substância preservativa, despressurização e aplicação do vácuo final. A autoclave avaliada constitui-se de um cilindro de aço, com aproximadamente 2,00 metros de diâmetro e 20,00 metros de comprimento, com capacidade de suportar pressões de até 18 kgf/cm². Seu sistema é conectado a tubulações, bombas e tanques, onde a madeira é submetida ao tratamento propriamente dito.

A substância preservativa utilizada é o Arseniato de Cobre Cromatado – CCA como insumo no processo da autoclavagem. Este é bastante difundido no Brasil, principalmente no tratamento de madeiras de espécies de *Eucalyptus*, que representam 93% do total de madeira tratada no país (Ferrarini, 2012). Quando aplicado à madeira, em tratamento sob pressão, o cromo provoca a precipitação de grande quantidade de cobre e arsênio e reage com a madeira, tornando os produtos praticamente insolúveis. A reação de fixação desencadeada pelo cromo deixa o arsênio, como agente inseticida, e o cobre, como agente fungicida, totalmente aderidos às estruturas celulares (Silva, 2007).

A Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 9480 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009) estabelece que, em função da exposição à qual os moirões de eucalipto tratados com preservantes hidrossolúveis estão dispostos, a retenção mínima de ingredientes ativos deve ser de 6,5 kg/m³ e que a penetração ocorra em todo o alburno e na porção penetrável do cerne, características as quais são respeitadas pela empresa em questão.

A preferência por CCA é justificada pela sua grande eficiência, principalmente por apresentar alguns aspectos como penetração profunda e uniforme na madeira e combinações de efeitos fungicida e inseticida (Leightley, 2003), porém devido à presença de arsênio na sua formulação, sua toxicidade pode causar problemas relacionados ao meio ambiente e à saúde pública, tendo, assim, seu uso restrito em alguns países (Vidal et al., 2015).

Após o tratamento, a madeira é então acondicionada para secagem em estaleiros, ficando por um período de, no mínimo, 14 dias. A etapa de secagem garante que a reação de fixação com o CCA seja completa. Em seguida a este processo, a madeira é armazenada para futura comercialização.

3.2 Análise Ambiental

De acordo com Silva (2006), a legislação atual pertinente à preservação de madeiras está em sintonia com as leis internacionais, destacando-se a Portaria Interministerial nº 292 de 28/04/89 e a Instrução Normativa nº 5 de 20/10/92. A Portaria em questão exige que as firmas fornecedoras de produtos preservantes e as usinas de preservação de madeira sejam registradas no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, além de regulamentar toda a produção de preservantes e de madeira preservada, minimizando-se os possíveis riscos ao meio ambiente e à saúde das pessoas. O IBAMA é o órgão controlador e fiscalizador pelo cumprimento da Portaria e das atividades das indústrias e usinas.

A empresa apresenta todas as licenças ambientais exigidas para o seu devido funcionamento. A renovação foi realizada anualmente durante todos os seus 12 anos de funcionamento, consolidando, portanto, 12 processos junto ao órgão ambiental estadual.

A empresa em questão não apresenta nenhuma certificação ambiental e também nenhum selo relacionado a questões ambientais. A certificação ambiental está diretamente ligada à formulação de um planejamento ambiental, normalmente baseado em um Sistema de Gestão Ambiental – SGA que, de acordo com Oliveira e Pinheiro (2010), exige a formalização dos procedimentos operacionais, institui o seu monitoramento e incentiva a melhoria contínua, possibilitando a redução da emissão de resíduos e o menor consumo de recursos naturais. Entre todas as certificações presentes no mercado, a ISO 14001 é a principal certificação indicada, já que apresenta diretrizes de um sistema de gestão ambiental rigoroso e de credibilidade nacional e mundial.

Apesar de esse empreendimento não apresentar nenhum tipo de certificação ou selo ambiental, Bánkuti e Bánkuti (2014) afirmam que a gestão ambiental, ou seja, a preocupação com o meio ambiente, tem feito parte do novo cenário competitivo empresarial, no qual o desenvolvimento de estratégias ambientalmente corretas vem acontecendo, impulsionado, em especial, pela possibilidade de entrada em novos mercados, incremento de receitas e de um maior valor para a marca.

A água utilizada no empreendimento é obtida através de poço tubular profundo, com processo de outorga para captação, formalizado junto ao órgão ambiental (licença ambiental de operação) e tem a finalidade de consumo humano e industrial. Apesar da opção de poço artesiano atender à demanda de água da empresa, uma forma mais sustentável ainda seria a captação de água da chuva, a qual teria um impacto muito menor e seria uma ótima opção, já que a empresa se localiza em uma região com precipitação anual de 1.250 mm.

A geração de resíduos na empresa é concentrada na fase de descascamento, na qual são gerados cerca de 110 m³ de casca por mês. O processo de autoclavagem também produz resíduo, pois, apesar de o efluente gerado ser reutilizado no processo, cascas e serragens podem ser encontradas no fundo da autoclave após o tratamento.

Como se trata de uma empresa de tratamento de madeira que utiliza como insumo o CCA, existe uma grande preocupação ambiental em cima desses empreendimentos. Por apresentar arsênio e cromo na sua composição, o uso dos sais CCA tem gerado questionamentos e dúvidas, por acarretar certos perigos ao meio ambiente. Segundo Silva (2006), essa preocupação é procedente e está relacionada à conhecida toxicidade que possuem. O cromo é metal pesado e o arsênio é perigoso em todos os sentidos. O CCA é classificado como extremamente tóxico (classe I). O foco da discussão está na possível dispersão do arsênio para o ambiente pela madeira, antes da completa fixação dos ingredientes ativos, pela inevitável emissão em e, mais recentemente, pela disposição dos resíduos

gerados após o uso da madeira pelo cliente, preocupação esta que não se enquadrava no tema do trabalho. A contaminação ambiental é um grande risco que se corre no empreendimento, mas devido à utilização de um sistema de tratamento totalmente fechado, em que o resíduo gerado é reaproveitado, esse risco fica restrito apenas às casualidades, acidentes e catástrofes naturais.

3.3 Análise Ergonômica e de Segurança

A jornada de trabalho dos operadores do processo industrial é de 8 (oito) horas, e a média salarial é de 1 (um) salário mínimo, inferior à média de 1,74 encontrada por Balduino (2014) em uma empresa de tratamento de madeira na região de Sobradinho-DF. Lida (2005) afirma, no entanto, que o alto nível salarial é o maior motivador para trabalhadores de baixa renda.

A empresa oferece aos funcionários equipamentos de proteção individual – EPIs de acordo com as atividades exercidas (Tabela 1), exigindo que os mesmos utilizem os EPIs sempre que estiverem realizando quaisquer atividades que os coloquem em risco.

Pode-se perceber que equipamentos básicos de segurança são oferecidos para todos os funcionários da empresa. A baixa aceitação, em alguns casos, pode estar relacionada com a qualidade do treinamento oferecido, ou seja, práticas instrutivas realizadas pelos próprios funcionários da empresa, sem a orientação de um técnico especializado na área, exceto o operador da autoclave, que foi o único com qualificação formal na área.

Tabela 1. EPIs disponibilizados de acordo com a atividade.

Table 1. PPE available according to the activity.

Equipamentos	Descascamento	Secagem (pré e pós)	Abertura de Furos	Autoclavagem
Uniforme	Sim	Sim	Sim	Sim
Capacete	Não	Não	Não	Não
Botas de segurança	Sim	Sim	Sim	Sim
Luvas de segurança	Sim	Sim	Sim	Sim
Óculos especial	Sim	Não	Não	Sim
Máscara de gás	Não	Não	Não	Sim
Protetor auricular	Sim	Sim	Sim	Sim
Avental	Não	Não	Não	Sim

Além do nível de treinamento, outro fator que interfere na aceitação do uso de EPIs pelos funcionários é a falta de fiscalização quanto ao uso dos mesmos, pois a empresa não possui uma comissão especializada para o controle dos níveis de segurança, Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA ou Serviço Especializado de Engenharia e Segurança do Trabalho – SMST.

Conforme descrito anteriormente, o processo de autoclavagem ocorre de forma fechada, não expondo o operador aos resíduos tóxicos, o que reduz o nível de risco das operações, entretanto, de acordo com Vidor (2003), a manipulação inadequada da substância preservante, o CCA, pode ocasionar danos à pele como queimaduras e dermatites, úlcera e gastroenterite (devido à ingestão) e pneumonite química (devido à inalação). Os maiores riscos listados durante a entrevista foram o manuseio de máquinas e ferramentas com lâminas cortantes ou perfurantes durante o descascamento e abertura de furos, e o escapamento e derramamentos de gases ou líquidos tóxicos e inflamáveis durante a autoclavagem. Esses riscos foram compatíveis com os citados por Balduino (2014) no processamento de madeira, o qual destacou o calor excessivo, contato com agentes químicos e o levantamento e transporte de cargas aliadas a posturas inadequadas.

A empresa compreende os riscos nas atividades desempenhadas e possui um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA estabelecido, o qual nunca registrou acidentes de trabalho durante seus 12 anos de operação. Entretanto, o não registro desses acidentes não significa que não aconteceram, podendo ter ocorrido falha de apontamento ou qualquer outro tipo de problema. Outras atividades de prevenção de acidentes são desenvolvidas como ciclo de palestras com temas sobre segurança no trabalho (que ocorrem anualmente), avisos sobre o uso de EPIs e treinamentos para evitar e lidar com incêndios.

As atividades em todos os processos, com exceção da autoclavagem, são realizadas ao ar livre, expondo os trabalhadores às intempéries (radiação solar excessiva, altas temperaturas, chuvas, entre outros). A falta de controle de temperatura e umidade pode condicionar aos operadores um quadro de sobrecarga térmica. Balduino (2014) alega que o trabalho desempenhado pelos operadores em uma indústria de tratamento de madeira durante uma jornada de oito horas

é pesado, devido ao carregamento excessivo de pesos, porém, o mesmo autor relata que a sobrecarga só ocorre quando os fatores ambientais, como altas temperaturas e baixa umidade, interferem de forma direta (ao ar livre). Fiedler et al. (2007) informam que condições ambientais desfavoráveis, como excesso de calor, umidade, ruído, vibração e luminosidade imprópria, além do desconforto, aumentam os níveis de risco, comprometendo à sua saúde e desempenho dos trabalhadores.

4 CONCLUSÃO

Em relação aos fatores técnicos, a empresa realiza procedimentos já consolidados na área de tratamento de madeira, conseguindo, inclusive, se estabelecer e atingir seus objetivos econômicos. Na questão ergonômica e de segurança, a empresa fornece as condições necessárias para a realização do trabalho, além de incentivar seus empregados a tomarem as devidas precauções, minimizando assim os riscos de acidentes. Quanto às questões ambientais, a empresa não apresentou nenhum tipo de problema, apresentando-se dentro dos padrões mínimos necessários para o seu devido funcionamento, contudo, não se contextualizou dentro de um processo de gestão ambiental eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L.S. et al. Influência do diâmetro e umidade no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 919-925, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9480**: peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais: requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.

BALDUÍNO, G.F. **Fatores ergonômicos em atividades florestais de viveiro, construção de aceiros e tratamento de madeira**. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.sifloresta.ufv.br/handle/123456789/13874?show=full>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

- BÁNKUTI; S.M.S.; BÁNKUTI, F.I. Gestão ambiental e estratégia empresarial: um estudo em uma empresa de cosméticos no Brasil. **Revista de Gestão & Produção**, v. 21, n. 1, p. 171-184, 2014.
- BRAZOLIN, S. Biodeterioração e preservação de madeira. In: OLIVEIRA J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2007. p. 343-366.
- FERRARINI, S.F. **Estabelecimento de metodologia para remoção de cobre, cromo e arsênio de resíduos de madeira tratada com arseniato de cobre cromatado – CCA**. 2012. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FIEDLER, N.C. et al. Avaliação da carga de trabalho físico exigido em operações de produção de mudas ornamentais no Distrito Federal – estudo de caso. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 703-708, 2007.
- GERALDO, F.C. Mourões para cerca: a renovação necessária. **Revista da Madeira**, n. 115, jul. 2008.
- HSING, T.Y.; PAULA, N.F.; PAULA, R.C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 273-283, 2016.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 614 p.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **IBÁ 2016**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.
- LEIGHTLEY, L.E. Protection of wood using combinations of biocides. In: GOODELL, B.; NICHOLAS, D.D.; SCHULTZ, T.P. **Wood deterioration and preservation: advances in our changing world**. Washington, D.C.: American Chemical Society, 2003. p. 390-398. (ACS Symposium Series, v. 845).
- MIRANDA, G.M. **Análise econômica de dois sistemas de descascamento de madeira de eucalipto**. 2000. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- _____. et al. Nota Técnica: análise técnica da operação de descascamento de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 4, p. 269-273, 2009.
- MODES, K.S. et al. Vombinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 579-589, 2011.
- OLIVEIRA; O.J.; PINHEIRO, C.R.M.S. Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas. **Revista de Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, p. 51-614, 2010.
- PIAZZA, M.; TOMASI, R.; MODENA, R. **Strutture in legno – materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee**. Milano: Hoepli, 2005. 736 p.
- SANTOS, F.E.V. et al. Formação de mudas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake com utilização de resíduo sólido orgânico urbano. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1203-1214, 2013.
- SEVERO, E.T.D. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 109-124, 2000.
- SILVA, J.C. Madeira preservada – os impactos ambientais. **Revista da Madeira**, n. 100, nov. 2006.
- _____. Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da Madeira**, n. 103, mar. 2007.
- VIDAL, J.M. et al. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015.
- VIDOR, F.L.R. **Avaliação de processos de inspeção e retratamento de postes de madeira**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Física e Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Apresentação

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

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

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

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

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

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

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

Normas para Encaminhamento e Apresentação dos Originais

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

Editor-Chefe da Comissão Editorial
Instituto Florestal
comissaoeditorial@if.sp.gov.br

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

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

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

É necessário obedecer a seguinte padronização:

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

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

Normas para Citação no Texto

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Normas para Referências Bibliográficas

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

Exemplos:

- **Livro**

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

- **Capítulo ou Parte de Livro**

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

- **Dissertação/Tese**

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

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

- **Artigo de Periódico**

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

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

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

- **Legislação**

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

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

- **Mapa**

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

- **Documento Obtido por Via Eletrônica**

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

