

ISSN 0103-2674

Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

v. 23 n. 2 p. 179 - 294 dez. 2011

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

Bruno Covas

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Rodrigo Antonio Braga Moraes Victor

The background of the cover features a light gray, intricate pattern of concentric circles and arcs, resembling wood grain or ripples. Overlaid on the left side is a faint, stylized silhouette of a tree with a thick trunk and several branches.

ISSN 0103-2674

Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

v. 23 n. 2 p. 179 - 294 dez. 2011

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)	
1993, <i>5</i> (1-2)	2003, <i>15</i> (1-2)	
1994, <i>6</i>	2004, <i>16</i> (1-2)	
1995, <i>7</i> (1-2)	2005, <i>17</i> (1-2)	
1996, <i>8</i> (1-2)	2006, <i>18</i>	
1997, <i>9</i> (1-2)	2007, <i>19</i> (1-2)	
1998, <i>10</i> (1-2)	2008, <i>20</i> (1-2)	

Esta publicação é indexada no Directory of Open Access Journal - DOAJ, E-Journals, Latindex, Open J-Gate e Sumários de Revistas Brasileiras.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

Instituto Florestal
Rua do Horto, 931
Cep: 02377-000 - São Paulo - SP
Telefone/ Fax: (11) 2231-8555 E 2232-2117 - 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**

Lígia de Castro Etori – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin <i>FCA – UNESP – Botucatu</i>	Israel Luiz de Lima <i>Instituto Florestal</i>
Alexsandre Zamorano Antunes <i>Instituto Florestal</i>	João Aurélio Pastore <i>Instituto Florestal</i>
Antonio Ludovico Beraldo <i>FEAGRI – UNICAMP</i>	João Carlos Nucci <i>UFPR</i>
Beatriz Schwantes Marimon <i>UNEMAT – Nova Xavantina</i>	Leni Meire Pereira Ribeiro Lima <i>Instituto Florestal</i>
Carla Daniela Câmara <i>UTFPR – Medianeira</i>	Leonardo Alves de Andrade <i>UFPB – Areia</i>
Claudio de Moura <i>Instituto Florestal</i>	Maria de Jesus Robim <i>Instituto Florestal</i>
Daniela Fessel Bertani <i>Instituto Florestal</i>	Miguel Angel Vales Garcia <i>Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba</i>
Daysi Vilamajó Alberdi <i>Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba</i>	Milton Cezar Ribeiro <i>IB – UNESP – Rio Claro</i>
Gláucia Cortez Ramos de Paula <i>Instituto Florestal</i>	Paulo Eduardo Telles dos Santos <i>EMBRAPA Florestas</i>
Humberto Gallo Júnior <i>Instituto Florestal</i>	Rosângela Simão Bianchini <i>Instituto de Botânica</i>
Ingrid Koch <i>UFSCAR – Sorocaba</i>	Roseli Buzanelli Torres <i>Instituto Agronômico de Campinas</i>
Isabel Fernandes de Aguiar Mattos <i>Instituto Florestal</i>	Solange Terezinha de Lima-Guimarães <i>IGCE – UNESP – Rio Claro</i>

CONSELHO EDITORIA/EDITORIAL COUNCIL

Alain Philippe Chautems – <i>Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève, Suíça</i>
Eduardo Salinas Chávez – <i>Universidad de la Habana, Cuba</i>
Fábio de Barros – <i>Instituto de Botânica</i>
George John Shepherd – <i>IB-UNICAMP</i>
Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo – <i>Instituto de Botânica</i>
Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – <i>IB-USP</i>
Robin Chazdon – <i>The University of Connecticut, EUA</i>
Sueli Angelo Furlan – <i>FFLCH-USP</i>
Walter de Paula Lima – <i>ESALQ-USP</i>

REVISÃO DO VERNÁCULO/LÍNGUA INGLESA

PORTUGUESE/ENGLISH REVIEWER

Yara Cristina Marcondes

EDITORIAÇÃO GRÁFICA

GRAPHIC EDITING

Filipe Barbosa Bernardino

Yara Cristina Marcondes

REVISÃO FINAL

FINAL REVIEW

Carlos Eduardo Sposito

Sandra Valéria Vieira Gagliardi

Yara Cristina Marcondes

REVISÃO DE LÍNGUA ESPANHOLA

SPANISH REVIEWERS

Ivan Suarez da Mota

Miguel Angel Vales Garcia

CRIAÇÃO DA CAPA

COVER ART

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima

Regiane Stella Guzzon

ANALISTAS/REFEREES

Antonio Ludovico Beraldo

FEAGRI – UNICAMP

Carla Daniela Câmara

UTFPR – Medianeira

Claudio de Moura

Instituto Florestal

Cristina de Marco Santiago

Instituto Florestal

João Aurélio Pastore

Instituto Florestal

João Batista Baitello

Instituto Florestal

João Carlos Nucci

UFPR

José Elidney Pinto Júnior

EMBRAPA Florestas

Kátia Mazzei

Instituto Florestal

Luciana Duque da Silva

ESALQ – USP

Luciana Magda de Oliveira

UDESC – SC

Maristela Gava

UNESP – Itapeva

Maurício Ranzini

Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos

EMBRAPA Florestas

Ricardo Marques Barreiro

UNESP – Itapeva

Rivete da Silva Lima

Universidade Federal da Paraíba

Vanda dos Santos Silva

Universidade de Guarulhos

Walter de Paula Lima

ESALQ – USP

SUMÁRIO/CONTENTS

p.

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

Geração do deflúvio de uma microbacia com Mata Atlântica, Cunha, SP. Runoff generation in a small catchment with Atlantic Rainforest, Cunha, SP, Brazil. Maurício RANZINI; Cíntia Ferreira DONATO; Valdir de CICCIO; Francisco Carlos Soriano ARCOVA	179-190
A densidade básica e características anatômicas variam radialmente na madeira de <i>Astronium graveolens</i> Jacq. (Anacardiaceae). Basic density and anatomical features vary in the radial direction in the wood of <i>Astronium graveolens</i> Jacq. (Anacardiaceae). Camila Moura SANTOS; Israel Luiz de LIMA; Eduardo Luiz LONGUI; Diego ROMEIRO; Antonio Carlos Scatena ZANATTO; Eurípedes MORAIS; Marcelo ZANATA; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM	191-201
Six potential woods for bows of stringed instruments: organoleptic properties, machining and commercial availability. Seis madeiras potenciais para arcos de instrumentos de corda: propriedades organolépticas, trabalhabilidade e disponibilidade comercial. Eduardo Luiz LONGUI; Daniel Romeu LOMBARDI; Edenise Segala ALVES	203-216
Densidade básica e dimensões celulares da madeira de <i>Balfourodendron riedelianum</i> em função da procedência e posição radial. Basic density and wood cells dimensions of <i>Balfourodendron riedelianum</i> depending on the provenance and radial position. Israel Luiz de LIMA; Stella Maris MASTELIN; Eduardo Luiz LONGUI; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Diego ROMEIRO; Antonio Carlos Scatena ZANATTO; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM	217-230
Estrutura do componente arbóreo sob plantação de <i>Pinus elliottii</i> Engelm. no Parque Estadual da Cantareira, Núcleo Cabuçu, Guarulhos, SP, Brasil. Structure of the tree component of understory <i>Pinus elliottii</i> Engelm. in Cantareira State Park, Núcleo Cabuçu, Guarulhos, SP, Brazil. Rodolfo Koiti KATAHIRA; Maria Margarida da Rocha Fiuza de MELO	231-253
Superação da dormência de sementes de três essências florestais. Overcoming the dormancy of seeds of three forest essences. Roberto ANDREANI JUNIOR; Renata Danielle CARDOSO; Natália Silva Soares dos SANTOS; Sérgio Roberto Garcia dos SANTOS; Dora Inês KOZUSNY-ANDREANI	255-264
Estrutura genética de peroba (<i>Aspidosperma polyneuron</i>) no Estado de São Paulo, Brasil. Genetic structure of <i>Aspidosperma polyneuron</i> in the state of São Paulo, Brazil. Léo ZIMBACK; Edson Seizo MORI; Paulo Yoshio KAGEYAMA; Hideyo AOKI	265-277

NOTAS CIENTÍFICAS/SCIENTIFIC NOTES

- A eficácia do licenciamento ambiental na contenção de atividades impactantes na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis, SP (Nota Científica). The environmental licensing's effectiveness in constraining environmental impacts in the Buffer Zone of Assis Ecological Station, São Paulo, Brazil (Scientific Note). Patrícia De Luca VITALLI; Maria José Brito ZAKIA; Giselda DURIGAN 279-286
- Sazonalidade de incêndios em florestas plantadas de eucalipto no extremo sul baiano (Nota Científica). Seasonal fire in planted eucalyptus forests in the extreme south of Bahia (Scientific Note). Angélica Otoni Pereira de JESUS; Caio Pereira dos SANTOS 287-294

GERAÇÃO DO DEFLÚVIO DE UMA MICROBACIA COM MATA ATLÂNTICA, CUNHA, SP¹

RUNOFF GENERATION IN A SMALL CATCHMENT WITH ATLANTIC RAINFOREST, CUNHA, SP, BRAZIL

Maurício RANZINI^{2, 4}; Cíntia Ferreira DONATO³;
Valdir de CICCIO²; Francisco Carlos Soriano ARCOVA²

RESUMO – Este trabalho teve como escopo estudar a resposta do deflúvio a eventos de precipitação de uma microbacia experimental (37,5 ha) com Mata Atlântica, localizada no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, SP. O escoamento direto foi de 8,3% da precipitação anual. A resposta do deflúvio à precipitação mostrou uma variabilidade de hidrogramas, que dependeu da magnitude da precipitação e das condições de umidade antecedente do solo. De um modo geral, os hidrogramas tenderam grosseiramente a reproduzir a precipitação (hietograma). Foram identificados dois grupos de hidrogramas de acordo com a relação entre a precipitação e o pico de vazão. No primeiro, a contribuição do escoamento de base foi pequena, com o escoamento direto dominando o hidrograma e a área variável de afluência (A.V.A.). No segundo grupo, um acréscimo na precipitação produziu um aumento no pico de vazão mesmo durante as chuvas mais intensas, sugerindo que a A.V.A. ocupou uma menor parte da microbacia, próxima ao curso d'água. Esses resultados indicaram que a umidade antecedente do solo foi importante para a resposta do deflúvio à precipitação.

Palavras-chave: geração do deflúvio; precipitação; escoamento direto; escoamento de base; pico de vazão.

ABSTRACT – This paper studied the response of runoff to rainstorm events of a small experimental catchment (37.5 ha) with Atlantic Rainforest. The Forest Hydrological Laboratory, at Cunha, is located in the Serra do Mar State Park, SE Brazil. The total volume of stormflow is 8.3% of annual rainfall. The response of runoff to rainfall showed a variability of the hydrographs, which depended on intensity of the precipitation and soil humidity conditions before the flood. In general, the hydrographs tended to roughly reproduce the shape of the rainstorm. It was identified two groups of hydrographs, separated according to the quotient between rainfall and peak flow. At first, the contribution of base flow was low, with the direct runoff hydrograph dominating and the variable source area (V.S.A.). In the other, an increase in precipitation resulted in an increase in peak flow, even during the heaviest rainstorms, suggesting that V.S.A. occupied a smaller part of the catchment, close to the channel. These results indicated that antecedent soil moisture was important for the response of runoff to rainfall.

Keywords: runoff generation; rainfall; stormflow; base flow; peak flow.

¹Recebido para análise em 10.02.10. Aceito para publicação em 30.06.11. Publicado *online* em 29.12.11.

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

³Acadêmica do curso de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Maurício Ranzini – ranzini@if.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

Os processos hidrológicos em microbacias recobertas com florestas vêm sendo estudados desde o século XIX, com o registro do primeiro estudo em 1850, na França, e na sequência em outros países (Andréassian, 2004). O experimento implantado nas montanhas do estado do Colorado, EUA, na região de Wagon Wheel Gap, de 1910 a 1926, destaca-se por ser o primeiro a utilizar o método de microbacias pareadas (Bates e Henry, 1928).

O Instituto Florestal de São Paulo, órgão da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, desenvolve, desde o final de 1970, pesquisas hidrológicas em microbacias hidrográficas com Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), no Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich – L.H.F.W.E., no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, município de Cunha, SP. Três microbacias experimentais denominadas A, B e D são monitoradas continuamente, com medições das precipitações pluviométricas e do deflúvio (Cicco, 2004). Os resultados alcançados indicam que essas microbacias apresentam elevado rendimento hídrico e um regime de vazão estável durante todo o ano. Assim, essa região deve ser vista como estratégica para o suprimento de água para o Vale do Paraíba (Fujieda et al., 1997). Entretanto, faltam estudos que possibilitem entender os fatores que controlam e/ou influenciam a geração do deflúvio.

O deflúvio de uma microbacia pode ser considerado como o produto final da interação da água da chuva com características climáticas, fisiográficas e o uso do solo. É composto por dois processos principais: o escoamento direto, que é o volume de água que deixa a microbacia durante e imediatamente após a chuva, e o escoamento de base, que consiste na água que infiltra no solo e alimenta o curso d'água.

A representação gráfica das vazões escoadas ao longo do tempo em um curso d'água é denominada hidrograma e, a partir dele, podem ser obtidos o deflúvio total, a sua distribuição sazonal, o escoamento diário, o pico de vazão, o deflúvio mínimo e a frequência de várias taxas de fluxos (Hewlett, 1982).

De acordo com Chang (1982), outra forma de se analisar o deflúvio é através da curva de duração de fluxo, a qual permite calcular o percentual de tempo em que as descargas diárias permanecem em um determinado intervalo de valores ou excedem seu limite superior. A forma e a inclinação dessa curva refletem as características hidrológicas da microbacia. Assim, uma inclinação acentuada mostra o predomínio do escoamento direto no fluxo total da microbacia. Por outro lado, uma curva com uma inclinação suave revela uma contribuição preponderante do escoamento de base.

García-Ruiz et al. (2005) estudaram a resposta do deflúvio à precipitação em uma microbacia (284 ha) com vegetação arbustiva, em processo de regeneração há mais de 40 anos nos Pirineus, Espanha. Usaram a análise estatística para testar o peso de diferentes variáveis hidrológicas na geração do deflúvio. Identificaram dois grupos de hidrogramas separados pela resposta do pico de vazão ao evento de precipitação. Verificaram que essa separação pode ser explicada pela intensidade da precipitação e das condições antecedentes de umidade do solo.

Noguchi et al. (1997) investigaram a relação chuva-vazão numa microbacia (32,8 ha) recoberta por floresta tropical, na Malásia. Encontraram que a resposta do deflúvio à precipitação depende das condições de umidade do solo, que o escoamento direto aumenta quanto maior for a umidade do solo e o armazenamento de água no perfil do solo contribui para a diminuição do escoamento direto sob condições secas.

A presente pesquisa foi realizada com os dados de cinco anos hídricos (outubro de 2001 a setembro de 2006). Para a análise dos hidrogramas foram selecionados dois desses cinco anos, usando-se para isto o trabalho de Donato et al. (2008) que usaram o mesmo período de dados. Esses autores verificaram que o ano hídrico de 2006 apresentou a precipitação anual próxima à média do período, enquanto 2005 foi o mais chuvoso, o que é interessante para estudos de escoamento direto.

Este estudo teve como objetivos analisar as respostas do deflúvio à precipitação, identificar as diferentes formas de hidrograma, avaliar os fatores que explicam esta variabilidade ao longo do ano e contribuir no entendimento do funcionamento hidrológico de uma microbacia com Mata Atlântica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A microbacia A, com área de 37,5 ha, localiza-se nas cabeceiras do rio Paraibuna,

um dos formadores do rio Paraíba do Sul (Figura 1). Possui altitudes variando de 1.030 m a 1.175 m, a declividade média é de 18°48', perímetro de 2.800 m, largura média de 350,5 m e o comprimento do canal principal de 1.070 m (Anido, 2002).

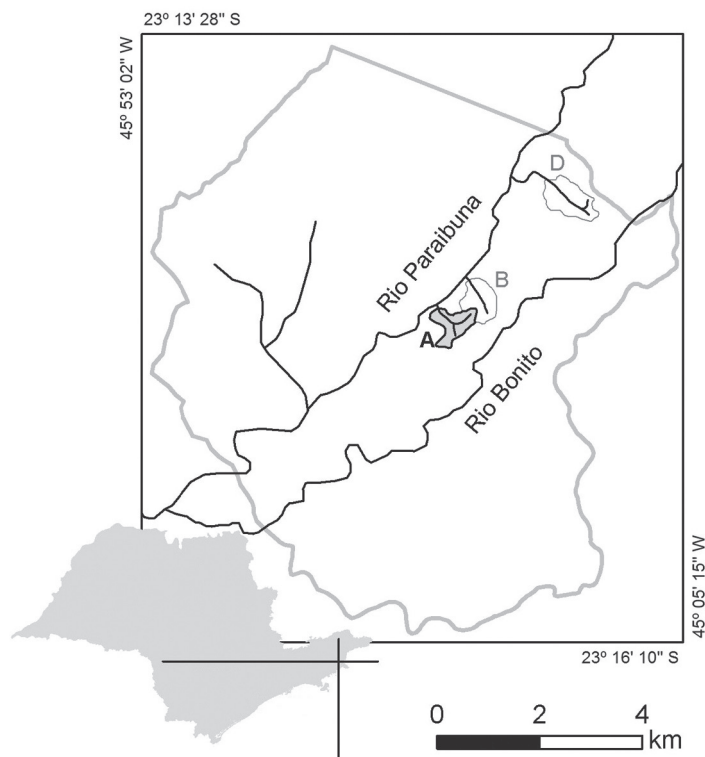


Figura 1. Localização do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP, com mapa das microbacias experimentais. Em destaque a microbacia experimental A.

Figure 1. Location of the Cunha Forest Hydrological Laboratory and map of experimental small catchments. The catchment A is highlighted.

Conforme Luiz (2008) apud Cicco (2009), o tipo climático predominante é o Cwb, segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima temperado chuvoso e moderadamente quente, com preponderância de chuvas em verões brandamente quentes. O período chuvoso estende-se de outubro a março, e o período menos chuvoso compreende os meses de abril a setembro (Cicco, 2004). A precipitação média anual é de 1.814 mm, com valores extremos de 1.422 mm e 2.505 mm, para o período de 1993 a 2006.

Furian e Pfeifer (1986) classificam os solos do Núcleo Cunha como Latossolo Vermelho Amarelo Fase Rasa, atualmente Latossolo Vermelho Amarelo câmbico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999), provenientes de rochas duras,

orientadas e de difícil decomposição, como os gnaisses, migmatitos e granitos. Em consequência, é quimicamente pobre, ácido e relativamente raso; com textura grosseira e estrutura fraca, isto é, os grânulos formam uma massa homogênea com coerência muito fraca, que, aliados à elevada porosidade, lhe condicionam boa permeabilidade.

No Núcleo Cunha a vegetação é denominada Floresta Ombrófila Densa Montana (Mata Atlântica). Na microbacia A, a floresta primária foi parcialmente retirada no início de 1950, somente sendo preservada nos topos dos morros e em alguns trechos do fundo de vale. Com a criação do Parque Estadual da Serra do Mar em 1977, a vegetação está em processo de regeneração natural (Cicco, 2009).

2.2 Monitoramento Hidrológico

A precipitação foi obtida através de um pluviógrafo tipo caçamba, com capacidade de 0,5 mm, acoplado ao linígrafo do tipo flutuador, instalado no vertedouro da microbacia experimental A. Esse equipamento registra em papel, simultaneamente, a precipitação e a altura da lâmina d'água (cota), possibilitando, desta forma, visualizar o hidrograma.

O escoamento total foi medido na saída da microbacia, onde está localizada uma estação fluviométrica, composta de dois tanques, de sedimentação e de tranquilização, e ainda um vertedor triangular de ferro de 120° de abertura. As cotas (H) foram medidas continuamente num linígrafo e convertidas em vazão (Q), usando-se a curva-chave $Q = 0,0661.H^{2,303}$, com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9922.

2.3 Tratamento dos Dados

A partir das cartas de registros de chuva e cota do linígrafo procedeu-se a separação manual entre o escoamento de base e o direto, identificado pelo ponto de mudança abrupta do gradiente do braço de recessão do hidrograma, procedimento adotado pela Japan International Cooperation Agency – JICA (1986). O volume do escoamento de base foi obtido pela diferença entre os valores do escoamento total e do escoamento direto para cada evento de chuva. Também foram calculados o volume e a duração de todos os escoamentos. Para cada hidrograma foi determinada a duração da precipitação em minutos, seu total em mm, sua intensidade máxima (mm/h) e a chuva dos cinco dias antecedentes (mm).

Os escoamentos total, direto e de base de cada hidrograma foram calculados (mm e m³), assim como foram determinados a duração do hidrograma (minutos), a vazão de início (L/s), a vazão média do hidrograma (L/s), a vazão média das 24 horas antecedentes ao hidrograma (L/s), o pico de vazão (L/s), a proporção do escoamento (coeficiente de *runoff*) e a porcentagem do escoamento de base.

Para se obter a curva de duração de fluxo diário foram utilizados os dados de deflúvio do período de outubro de 2001 a setembro de 2006.

Utilizando-se o método descrito em Chang (1982), foram plotados em papel monologarítmico os valores de deflúvio diário nas ordenadas, contra o valor percentual de tempo correspondente no eixo das abscissas, variando do menor para o maior. Dessa forma, obteve-se o percentual de tempo em que o deflúvio diário foi igualado ou excedido.

2.4 Análise dos Dados

Os dados foram analisados através do pacote estatístico BioEstat 5.0 desenvolvido por Ayres et al. (2009), consistindo dos seguintes passos:

- (i) estatística descritiva dos dados;
- (ii) regressão linear simples que avaliou a relação entre a precipitação e o pico de vazão. Quando essa relação apresentou baixo coeficiente de determinação, uma nova variável foi construída, resultante do quociente entre a precipitação e o pico de vazão, pois, segundo García-Ruiz et al. (2005), é um modo de capturar a interação entre estas duas variáveis. Além disso, segundo esses autores, a separação dos dados possibilita melhor avaliação das diferenças entre os hidrogramas. Assim, os dados foram separados pela mediana e divididos em dois grupos (G1 e G2);
- (iii) teste *D'Agostino-Pearson* para verificar a normalidade dos dados das variáveis. Se o resultado apresentou significância, transformaram-se os dados em logaritmo da base 10. Dependendo da normalidade ou não dos dados, seguiram-se os passos (iv) ou (v);
- (iv) apresentando normalidade, aplicou-se o teste “t” de *Student* a fim de verificar as diferenças dos valores médios das variáveis entre os grupos;
- (v) não apresentando normalidade, aplicou-se o *Wilcoxon rank-test*, uma prova não paramétrica, e
- (vi) seleção de regressores (*Stepwise Regression*), método progressivo (*forward*), em que a cada passo foi incluída uma variável. Essa análise possibilita a escolha das variáveis preditoras que se relacionam com mais intensidade com a variável dependente. No presente caso, determinaram-se quais variáveis controlavam a magnitude do pico de vazão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de duração de fluxo do deflúvio diário da microbacia A, para o período de cinco anos hídricos, está presente na Figura 2, com média de 2,97 mm e mediana de 2,42 mm. Para 90% do tempo de escoamento, o deflúvio diário foi

inferior a 5,0 mm, ou seja, predominando o escoamento de base. Para fluxos superiores a esse valor, ou seja, para 10% do tempo de escoamento, a curva apresentou uma inclinação acentuada que, de acordo com Chang (1982), denota maior contribuição do escoamento direto no deflúvio diário.

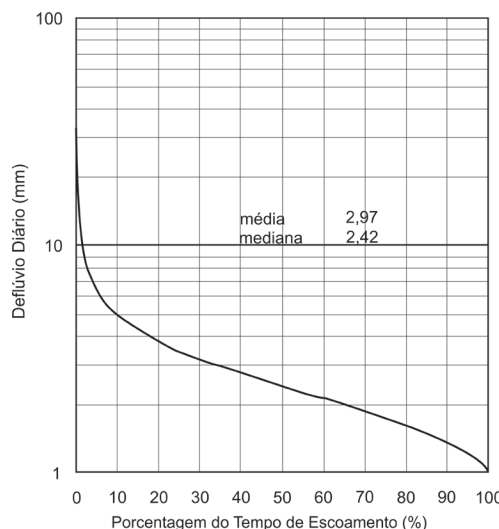


Figura 2. Curva de duração de fluxo do deflúvio diário da microbacia A, Cunha, SP, para o período de outubro de 2001 a setembro de 2006.

Figure 2. Flow frequency distribution for small catchment A, Cunha, SP. From October 2001 to September 2006.

Arcova (1996), estudando duas microbacias próximas à área de estudo, com superfície e vegetação semelhantes, encontrou valores para o escoamento total médio diário de 4,0 e 4,3 mm para as microbacias B e D, respectivamente. Esses fluxos mais altos, quando comparados com a microbacia A (2,97 mm), deveram-se, dentre outros fatores, ao regime pluviométrico distinto entre os dois períodos estudados e, consequentemente, às taxas de evapotranspiração, como também às diferentes características físicas das microbacias.

Enquanto para o período de outubro de 1986 a setembro de 1992 a precipitação média anual foi de 2.013 mm para a microbacia B e de 2.159 mm para a microbacia D (Arcova, 1996), na microbacia A, para o período de outubro de 2001 a setembro de 2006, a precipitação média foi de 1.784 mm (Donato et al., 2007). Por outro lado, as perdas evaporativas foram superiores na microbacia A, da ordem de 698 mm anuais, contra 540 e 604 mm para as microbacias B e D, respectivamente. Assim, o menor índice pluviométrico, associado à maior perda evaporativa,

proporcionou à microbacia A menor quantidade de água armazenada no solo e, portanto, menor deflúvio médio diário.

Um total de cento e oitenta e oito hidrogramas ocorreu na microbacia A para os anos hídricos de 2005 e 2006. O fator de resposta médio foi de 0,083, ou seja, 8,3% da precipitação anual deixaram a microbacia através do escoamento direto. Em comparação, os fatores de resposta médios nas microbacias B e D foram de 23% e 12%, respectivamente (Arcova, 1996).

A relação mensal entre a precipitação e o escoamento direto mostrou que a maior parte não ultrapassou 10%, a exceção foi o mês de abril de 2005 (círculo em vermelho destacado dos demais), com 20%, quando choveu acima da média para o período menos chuvoso (Figura 3). Esse resultado foi semelhante àquele encontrado por Arcova (1996) para a microbacia D. No entanto, ambos diferiram da microbacia B, onde os valores percentuais do escoamento direto em relação à precipitação variaram entre 30% a 60% em inúmeros eventos (Arcova, 1996).

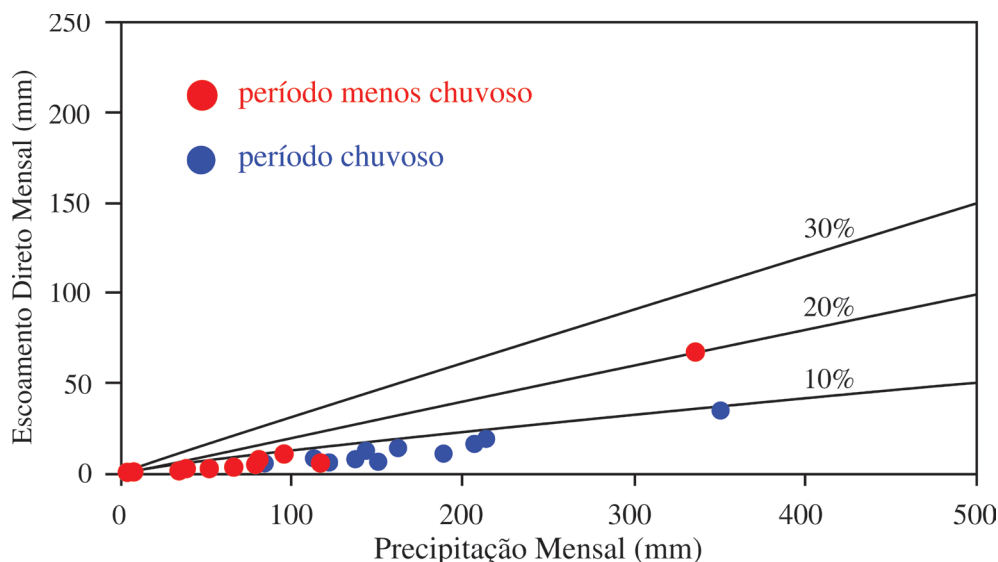


Figura 3. Relação entre as precipitações e os escoamentos diretos mensais na microbacia A, Cunha, SP, para o período de outubro de 2004 a setembro de 2006.

Figure 3. The relation between monthly rainfall and stormflow at small catchment A, Cunha, SP. From October 2004 to September 2006.

A Tabela 1 apresenta as classes, frequências e frequências relativas das precipitações nos períodos chuvoso e menos chuvoso da microbacia A. Não houve chuva nos cinco dias que antecederam os episódios em 22% dos hidrogramas ocorridos no período menos chuvoso. Por outro lado, para apenas 4% dos eventos no período chuvoso não ocorreram precipitações

nos cinco dias precedentes aos hidrogramas. No período menos chuvoso ocorreram 24 eventos de chuva na classe de $> 0 - 20$ mm, correspondendo a uma frequência relativa de 47%, enquanto para o período chuvoso as classes predominantes foram de $> 0 - 20$, $20 - 40$, $40 - 60$ e $60 - 80$ mm, com frequências relativas variando de 19% a 22%.

Tabela 1. Distribuição de classes, frequência e frequência relativa das precipitações que antecederam em cinco dias os eventos selecionados para a análise dos hidrogramas gerados na microbacia A, Cunha – SP. Período de outubro de 2004 a setembro de 2006.

Table 1. Distribution of classes, frequency and relative frequency of rainfall preceding five days in the selected events for the analysis of the hydrographs generated in the small catchment A, Cunha, SP. From October 2004 to September 2006.

Classe (mm)	Período menos chuvoso		Período chuvoso	
	Frequência	Freq. relativa	Frequência	Freq. relativa
*	11	0,22	5	0,04
$> 0 - 20$	24	0,47	27	0,20
$20 - 40$	14	0,27	30	0,22
$40 - 60$	2	0,04	26	0,19
$60 - 80$			28	0,20
$80 - 100$			11	0,08
$100 - 120$			5	0,04
$120 - 140$			3	0,02
$140 - 160$			2	0,01

Obs.: * não houve precipitação nos cinco dias antecedentes à geração do hidrograma.

O valor máximo de precipitação foi de 269,5 mm, e o mínimo de 2,5 mm. A maioria das chuvas foi de pequena magnitude (cento e trinta menores que 15 mm e sete maiores que 40 mm), sendo que 91,0% dos hidrogramas tiveram o pico de vazão abaixo de 100 L/s, enquanto dez (5,3%) ultrapassaram 200 L/s.

A Figura 4 apresenta quatro exemplos de hidrogramas que ocorreram na microbacia A, com a sua correspondente distribuição de precipitação. Ela demonstra a variabilidade dos hidrogramas, muito simples em alguns casos ou com um padrão complexo em outros. As Figuras 4A e 4B apresentam a resposta do deflúvio à precipitação, após uma sequência de cinco dias sem chuva, sendo que a diferença no pico de vazão deveu-se ao volume precipitado. Na Figura 4C observa-se um primeiro

pico de vazão em resposta à precipitação de 16 mm, e na sequência um segundo pico, maior do que o primeiro, com precipitação dos cinco dias anteriores de 28 mm. Essa dinâmica mostra dois processos que contribuem para o escoamento direto (Dunne, 1978). O primeiro pico de vazão é originado do escoamento superficial saturado, através da água da chuva que se infiltra e alcança o lençol freático, aflorando à superfície nas áreas próximas aos cursos d'água. O outro processo inicia-se com a saturação dos horizontes permeáveis do solo, produzindo um fluxo lateral próximo à superfície do solo chamado escoamento subsuperficial (segundo pico de vazão). Finalmente, a Figura 4D corresponde a um evento chuvoso com três picos de intensidade que causou um hidrograma com três picos de vazão.

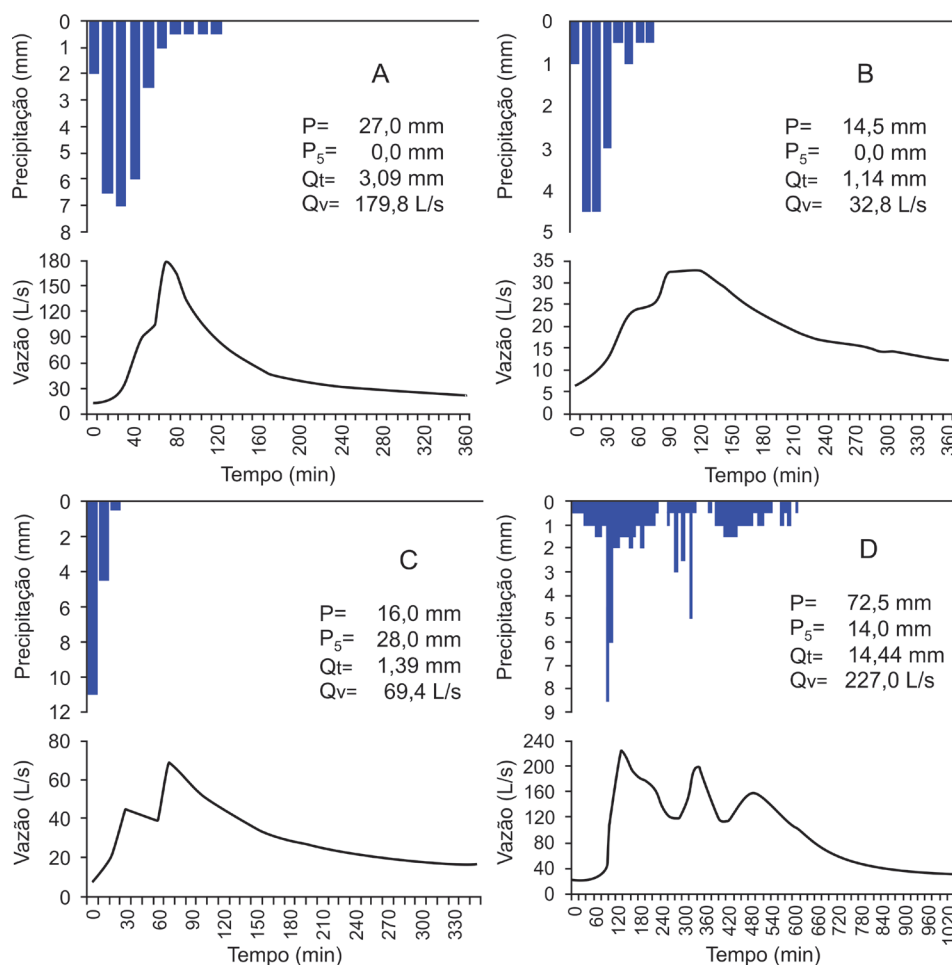


Figura 4. Exemplos de precipitação e deflúvio para eventos selecionados na microbacia A (P = precipitação; P₅ = precipitação dos cinco dias anteriores; Qt = escoamento total; Qv = pico de vazão).

Figure 4. Examples of rainfall and streamflow for selected storms in the small catchment A (P = rainfall; P₅ = rainfall five days before; Qt = total discharge; Qv = peak flow).

Em uma microbacia próximo à Mata Atlântica, Fujieda et al. (1997) e Ranzini et al. (2004) mostraram que o escoamento superficial hortoniano ocorre raramente, sugerindo que os escoamentos superficial saturado e subsuperficial predominam na microbacia A. Hewlett e Hibbert (1967) elucidaram que o escoamento direto, nessas condições, está sob a influência de uma área de origem dinâmica, conhecida como área variável de afluência (A.V.A.), e que normalmente representa apenas uma fração pequena da área total da microbacia.

De um modo geral, todos os hidrogramas apresentaram dependência entre sua forma e a distribuição da precipitação (hietograma).

Entretanto, o coeficiente de determinação entre a precipitação total e o pico de vazão foi baixo ($R^2 = 0,485$). A Figura 5 mostra que a maioria dos pontos está dispersa, longe da linha de regressão, indicando que a resposta do pico de vazão à precipitação está sendo controlada por outros fatores, além da quantidade total de chuva. De fato, observa-se que precipitações de mesma intensidade podem apresentar picos de vazão diferentes. Por exemplo, precipitações de 20 mm podem gerar picos de vazão que variam de 50 L/s a 300 L/s.

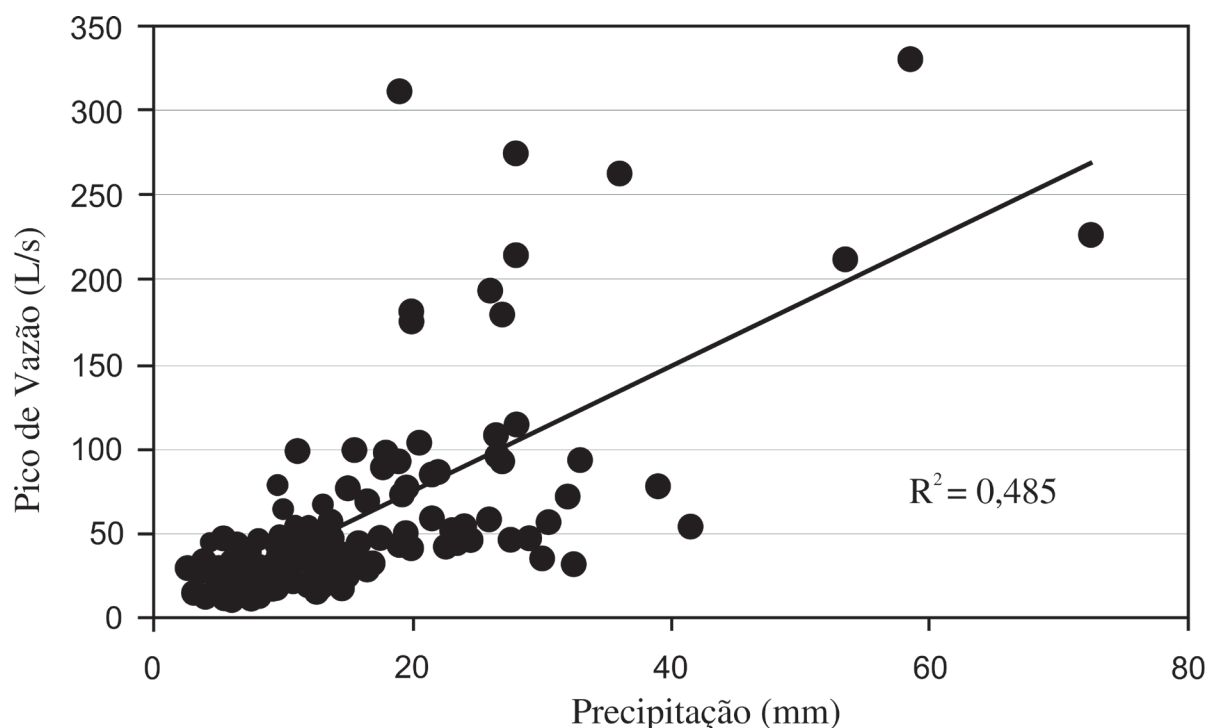


Figura 5. Regressão entre a precipitação e o pico de vazão na microbacia A.

Figure 5. Relationships between peak flow and precipitation at small catchment A.

Em razão do baixo coeficiente de determinação entre a precipitação total e o pico de vazão, procurou-se, através de uma análise detalhada dos dados, entender esta relação. Adotando-se a metodologia proposta por García-Ruiz et al. (2005), foi construída uma nova variável resultante do quociente entre a precipitação e o pico de vazão. Dessa forma, foi possível, através da mediana,

separar em dois grupos, um com respostas rápidas do pico de vazão a qualquer precipitação (G1) e o outro com respostas mais lentas (G2). Com a separação em grupos houve um acréscimo do coeficiente de determinação das regressões, para o G1 de 0,71 e o G2 de 0,78. Os coeficientes de regressão foram 5,6 (G1) e 2,3 (G2), mostrando respostas diferentes do pico de vazão para uma mesma precipitação (Figura 6).

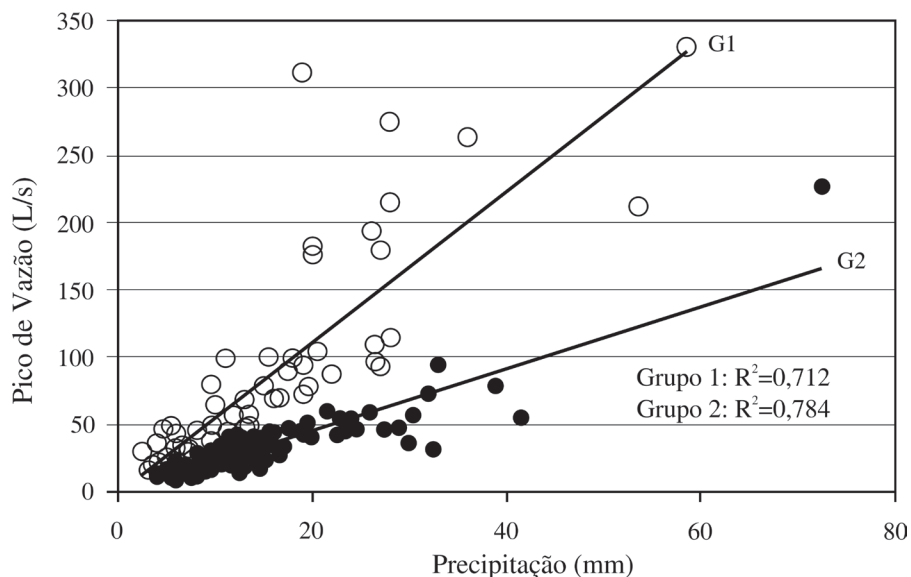


Figura 6. Regressões entre a precipitação e o pico de vazão em dois grupos, na microbacia A.

Figure 6. Relationships between peak flow and precipitation, distinguishing two groups of floods, at small catchment A.

Para avaliar a significância das diferenças entre as variáveis dos grupos foram realizados testes estatísticos (Tabela 2). Observou-se que quase todas as variáveis contribuíram para explicar as diferenças entre os grupos. Por um lado, a precipitação de G1 (12,95 mm) foi pouco inferior a G2 (15,05 mm), apesar de estatisticamente diferentes. Por outro, o pico de vazão de G1 (70,91 L/s) foi mais que o dobro de G2 (33,80 L/s).

Isso pode ser compreendido quando se analisa a precipitação dos cinco dias anteriores (G1: 49,65 mm; G2: 22,45 mm), a vazão inicial (G1: 20,30 L/s; G2: 12,01 L/s), o coeficiente de *runoff* (G1: 0,07; G2: 0,04), e a vazão média das 24 horas anteriores (G1: 25,08 L/s; G2: 14,27 L/s), mostrando que as condições do solo da microbacia A, que antecederam os eventos, de G1 possuíam maior umidade do que os eventos de G2.

Tabela 2. Valores médios e significância dos testes estatísticos das variáveis dos grupos G1 e G2.

Table 2. Average values and statistical tests for variables of G1 and G2 floods.

Variável	G1	G2	<i>p</i>	
Precipitação (mm)	12,95	15,05	0,0208*	(a)
Pico de vazão (L/s)	70,91	33,80	< 0,0001*	(a)
Intensidade máxima (mm/h)	10,34	9,59	0,9314 n.s.	(a)
Precipitação dos cinco dias antecedentes (mm)	49,65	22,45	< 0,0001*	(b)
Vazão inicial (L/s)	20,30	12,01	< 0,0001*	(b)
Duração da precipitação (min)	230,68	377,61	0,0023*	(b)
Duração do hidrograma (min)	407,53	528,94	0,0013*	(a)
Coeficiente de <i>runoff</i>	0,07	0,04	< 0,0001*	(a)
Deflúvio do hidrograma (m³)	936,98	823,60	0,0086*	(a)
% Escoamento de base	0,68	0,71	0,1921 n.s.	(a)
Vazão média das 24 horas anteriores (L/s)	25,08	14,27	< 0,0001*	(b)
Vazão média do hidrograma (L/s)	38,05	22,46	< 0,0001*	(a)

Obs.: *nível de significância: 5%; n.s. não significativo; (a) teste t de *Student*; (b) *Wilcoxon rank-test*.

Uma análise de regressão linear passo a passo, método progressivo (*stepwise regression, forward method*) foi realizada para determinar as variáveis que controlaram a magnitude do pico de vazão em cada grupo (Tabela 3). Nessa análise foram selecionadas cinco variáveis, a precipitação (P), a intensidade máxima (Int. máx.),

a precipitação dos cinco dias antecedentes (P_5), a vazão média das 24 horas antecedentes (Q_{24}) e a vazão inicial (Q_i). As duas primeiras variáveis foram relacionadas com o volume e a intensidade da chuva, e as outras três foram indicadoras das condições que antecederam os eventos.

Tabela 3. Regressão linear passo a passo (método progressivo) para os grupos G1 e G2, tendo como variável dependente Y o pico de vazão, e como variáveis independentes X a precipitação (P), a intensidade máxima (Int. máx.), a vazão inicial (Q_i), a vazão média das 24 h antecedentes (Q_{24}), e a precipitação dos cinco dias antecedentes (P_5) (R^2 = coeficiente de determinação e GL = graus de liberdade).

Table 3. Stepwise regression (forward) for groups G1 and G2, as dependent variable Y the peak flow, and independent variables X the precipitation (P), the maximum intensity (Int. máx.), initial base flow (Q_i), the discharge 24 hrs before (Q_{24}), and the precipitation five days before (P_5) (R^2 = coefficient of determination and GL = degrees of freedom).

Grupo	Variável independente incluída	R^2	Variação R^2	GL	F	p-valor	QM Erro
G1	P	71,29%	71,29%	1,83	206,087	0,0000	1328,9201
	P, Int. máx.	72,77%	1,48%	2,82	109,581	0,0000	1275,6341
	P, Int. máx., P_5	72,78%	0,01%	3,81	72,197	0,0000	1290,9407
	P, Int. máx., P_5 , Q_i	73,64%	0,86%	4,80	55,866	0,0000	1265,9536
	P, Int. máx., P_5 , Q_i , Q_{24}	73,64%	0,01%	5,79	44,146	0,0000	1281,7345
G2	P	78,42%	78,42%	1,83	301,538	0,0000	156,7857
	P, Int. máx.	83,08%	4,66%	2,82	201,291	0,0000	124,4170
	P, Int. máx., Q_i	86,32%	3,24%	3,91	170,339	0,0000	101,8383
	P, Int. máx., Q_i , Q_{24}	86,34%	0,03%	4,80	126,460	0,0000	102,9126
	P, Int. máx., Q_i , Q_{24} , P_5	86,36%	0,01%	5,79	100,003	0,0000	104,1256

Pela análise dos resultados verificou-se que a variável precipitação foi responsável por 71,29% do coeficiente de determinação (R^2) do grupo G1 e por 78,42% do G2, enquanto as demais variáveis (intensidade máxima, vazão inicial, vazão média das 24 horas anteriores e precipitação dos cinco dias antecedentes) acrescentaram apenas 2,36% a este coeficiente para o G1 e 7,94% para o G2, totalizando ao final 73,64% e 86,36%, respectivamente. O coeficiente F aponta para a variável precipitação, tanto para G1 quanto para G2, como a que obteve o valor mais elevado (206,087 e 301,538, respectivamente). O p -valor foi estável e igual a zero até quatro casas decimais para ambos os grupos, indicando que em qualquer combinação haverá rejeição da hipótese de nulidade. Observando o Quadrado Médio do Erro do G1, constatou-se que o modelo melhor representado foi composto pelas variáveis precipitação, intensidade máxima, precipitação dos cinco dias antecedentes

e vazão inicial, cujo Quadrado Médio do Erro (1265,9536) foi o menor entre as simulações realizadas pelo programa. No caso do G2 o Quadrado Médio do Erro foi de 101,8383 e, portanto, o melhor modelo incluiu as variáveis precipitação, intensidade máxima e vazão inicial.

Esses resultados sugerem que a precipitação e sua intensidade são fatores importantes para explicar a forma e a altura do hidrograma. Todavia, a umidade antecedente do solo, que tem uma estreita relação com a vazão no início do hidrograma e a precipitação dos cinco dias antecedentes, contribuiu com a intensidade do deflúvio da microbacia A. Resultados similares foram encontrados por Noguchi et al. (1997) em microbacia coberta por floresta tropical na Malásia, onde o escoamento direto foi influenciado pelas condições de umidade antecedente do solo representada pela vazão no início do hidrograma.

4 CONCLUSÕES

O deflúvio médio diário da microbacia A foi de 2,97 mm, sendo que 90% do tempo manteve-se inferior a 5 mm. O escoamento de base foi o principal componente do deflúvio, com 91,7%, enquanto o escoamento direto contribuiu com 8,3%.

A análise dos hidrogramas mostrou que existe uma relação entre sua forma e a precipitação (hietograma), sugerindo que os escoamentos superficial saturado e subsuperficial predominam na microbacia. Entretanto, a relação entre a precipitação e o pico de vazão foi fraca, relação esta que melhorou significativamente após a separação dos hidrogramas em dois grupos, de acordo com o valor do quociente entre a precipitação e o pico de vazão.

No primeiro grupo (G1) ficaram os eventos cujos picos de vazão são nitidamente maiores quando se aumentam os valores de precipitação. A contribuição do escoamento de base foi relativamente pequena, com o escoamento direto dominando o hidrograma e a área variável de afluência (A.V.A.). No segundo (G2), o acréscimo na precipitação produziu um pequeno aumento no pico de vazão, mesmo durante as chuvas mais intensas. Isso sugere que a A.V.A. ocupou uma menor parte da microbacia, próxima ao curso d'água. A diferença da resposta entre os grupos relacionando o pico de vazão e a precipitação foi devida, principalmente, à umidade antecedente do solo.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida ao segundo autor, e ao técnico de apoio João Batista Amaro dos Santos (Instituto Florestal de São Paulo) sem o qual este trabalho não teria sido possível. Os autores agradecem as sugestões e comentários dos analistas anônimos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉASSIAN, V. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. **Journal of Hydrology**, v. 291, p. 1-27, 2004.

ANIDO, N.M.R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental**. 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

AYRES, M. et al. **BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Versão 5.0. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2007. 364 p. Disponível em: <<http://mamiraua.org.br/download/index.php?dirpath=/BioEstat%205%20Portugues&order=0>>. Acesso em: 6 jan. 2009.

BATES, C.G.; HENRY, A.J. Forest and streamflow experiment at Wagon Wheel Gap, Colorado. **Monthly Weather Review Supplement**, v. 30, p. 1-79, 1928.

CHANG, M. **Laboratory notes forest hydrology**. Nacogdoches: School of Forestry, Stephen F. Austin State University, 1982. 203 p.

CICCO, V. **Análise de séries temporais hidrológicas em microbacia com cobertura vegetal natural de Mata Atlântica, Cunha-SP**. 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídrico e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica**: São Paulo, SP e Cunha, SP. 2009. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DONATO, C.F. et al. Balanço de massa em microbacia experimental com Mata Atlântica, na Serra do Mar, Cunha, SP. **Rev. Inst. Flor.**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2008.

DUNNE, T. Field studies of hillslope flow processes. In: KIRKBY, M.J. (Ed.). **Hillslope hydrology**. Chichester: John Wiley, 1978. cap. 7, p. 227-93.

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

FUJIEDA, F. et al. Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 196, p. 26-46, 1997.

FURIAN, S.M.; PFEIFER, R.M. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. **Bol. Técn. IF**, v. 40, n. 2, p. 183-193, 1986.

GARCÍA-RUIZ, J.M. et al. Runoff generation in an intensively disturbed, abandoned farmland catchment, Central, Spanish Pyrenees. **Catena**, v. 59, p. 79-92, 2005.

HEWLETT, J.D. **Principles of forest hydrology**. Athens: The University of Georgia Press, 1982. 183 p.

_____.; HIBBERT, A.R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HYDROLOGY, 1., 1967, Oxford. **Annals...** Oxford: Pergamon Press, 1967. p. 275-90.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY – JICA. **Synthetic report of the Japanese Technical Cooperation Project for the forestry research in São Paulo, Brazil**. [S.l.], 1986. 555 p.

NOGUCHI, S. et al. Rainfall-runoff responses and roles of soil moisture variations to the response in tropical rain forest, Bukit Tarek, Peninsular Malaysia. **Journal of Forest Research**, v. 2, n. 3, p. 125-132, 1997.

RANZINI, M. et al. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 108-119, 2004.

A DENSIDADE BÁSICA E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS VARIAM RADIALMENTE NA MADEIRA DE *Astronium graveolens* Jacq. (ANACARDIACEAE)¹

BASIC DENSITY AND ANATOMICAL FEATURES VARY IN THE RADIAL DIRECTION IN THE WOOD OF *Astronium graveolens* Jacq. (ANACARDIACEAE)

Camila Moura SANTOS²; Israel Luiz de LIMA^{3,5};
Eduardo Luiz LONGUI³; Diego ROMEIRO⁴;
Antonio Carlos Scatena ZANATTO³; Eurípedes MORAIS³;
Marcelo ZANATA³; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM³

RESUMO – Estudos sobre variações nas dimensões celulares de espécies arbóreas de clima tropical são escassos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a variação da densidade básica e da anatomia no sentido radial da madeira de *Astronium graveolens* Jacq. Coletaram-se cinco indivíduos da espécie, provenientes da Estação Experimental Luiz Antônio (SP). Os métodos empregados nas análises foram os usualmente utilizados em pesquisas de densidade e anatomia de madeira. De acordo com os resultados foram constatadas altas correlações entre densidade básica, comprimento de fibra, espessura da parede da fibra, diâmetro de vaso e frequência de vaso com a distância da medula. A densidade básica da madeira é altamente dependente do comprimento das fibras, espessura da parede das fibras e diâmetro dos vasos, ocorrendo aumento no sentido da medula para a casca.

Palavras-chave: anatomia da madeira; *Astronium graveolens*; madeiras tropicais; densidade básica, variação medula-casca.

ABSTRACT – Studies on variations in cell sizes of tree species in tropical climate are scarce. Thus, the aim was characterize the radial variation of basic density and wood anatomy of *Astronium graveolens* Jacq. Five specimens were collected at the Luiz Antônio Experimental Station, (SP). Standard methods for studying the density and wood anatomy were employed. According to the results we observed high correlation among basic density, fiber length, fiber wall thickness, vessel diameter and vessel frequency with distance from the pith. The wood density is highly dependent on fiber length, fiber wall thickness and vessel diameter, there was an increase towards the pith to bark.

Keywords: wood anatomy; *Astronium graveolens*; tropical woods; basic density, pith-bark variation.

1 INTRODUÇÃO

Astronium graveolens Jacq. – Anacardiaceae, popularmente conhecido como guaritá, gonçalo alves, gibatão ocorre naturalmente em floresta pluvial da encosta atlântica e floresta latifoliada semidecídua com ampla distribuição nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul (Paraná) do Brasil.

As árvores adultas podem atingir de 15-25 metros, possuem tronco liso de 40 a 60 cm de diâmetro, madeira pesada (densidade aparente 0,97 g.cm⁻³), dura ao corte, de grande durabilidade, cerne de coloração uniforme e bem diferenciado do alburno (Lorenzi, 2002). Sendo, por isso, considerada uma das melhores madeiras de lei da América do Sul.

¹Recebido para análise em 11.05.11. Aceito para publicação em 09.08.11. Publicado online em 29.12.11.

²Acadêmica do curso de Ciências Biológicas, Universidade Nove de Julho. Bolsista FUNDAP. santosmcamila@hotmail.com

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

⁴Aluno de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica. diego.romeiro@gmail.com

⁵Autor para correspondência: Israel Luiz de Lima – israeluizde.lima@yahoo.com.br

Segundo Lima (2009), nos últimos anos, o estudo sobre a anatomia do lenho vem ganhando grande importância. Para Urbinati et al. (2003), dentre os trabalhos realizados em anatomia da madeira, os estudos sobre a variação na dimensão dos elementos celulares (traqueídes, fibras e elementos de vaso) são antigos, sendo realizados há pelo menos cem anos. Estudos avaliativos da variação celular da madeira possuem grande importância comercial, visto que possibilitam a melhor escolha da matéria-prima para determinada aplicação nas diferentes áreas (Mainieri e Chimelo, 1989).

A variação radial das dimensões dos elementos celulares da madeira, no sentido medula-casca, pode apresentar certas tendências que representariam a maturação do lenho (Zobel e Buijtenen, 1989). Vários estudos sobre a variabilidade das características do lenho demonstram diminuição ou aumento nas propriedades da madeira no sentido medula-casca. Assim, ocorre uma variação radial das características do lenho, frequentemente descrita em zonas de madeira juvenil e adulta (Gatto et al., 2010).

Apesar da grande utilização da madeira de *A. graveolens* no comércio e do uso da espécie em processos de revegetação da Mata Atlântica, um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta, reduzido a menos de 8% de sua extensão original (Gomes et al., 2009), há poucos trabalhos que investigaram o lenho desta espécie e não foi encontrado nenhum que caracterizasse a variação radial da densidade básica e anatômica. Nesse contexto, justifica-se o presente trabalho, cujo objetivo foi caracterizar a variação radial da densidade básica e dimensões celulares de amostras

do lenho de árvores provenientes de plantio homogêneo e com idade de 20 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Coleta e Amostragem

As amostras são provenientes de árvores plantadas de forma homogênea na Estação Experimental Luiz Antônio-SP – EELA localizada nas coordenadas 21°40'S, 47°49'W, altitude de 550 m, onde ocorre clima tropical (Cwa), inverno seco, precipitação média anual de 1.280 mm e solo do tipo Latossolo Vermelho (Sebbenn et al., 2000).

As árvores foram plantadas em 1990 no espaçamento 3 m x 3 m, e em 2010 foi feito um desbaste retirando-se cinco árvores de *Astronium graveolens*, com 20 anos de idade, para a realização do trabalho. De cada indivíduo coletaram-se discos à altura do peito (1,30 m do solo – DAP), destes retiraram-se corpos de prova com dimensões de 1,5 cm x 1,5 cm x 2,0 cm no sentido medula-casca. Nos indivíduos 1 e 2, devido ao apodrecimento da medula, foram retiradas apenas três e quatro amostras, respectivamente (Tabela 1). As amostras foram nomeadas com base na distância da medula em centímetros, sendo os números correspondentes ao valor central de cada corpo de prova, por exemplo, a medida da amostra mais próxima da medula vai de 0 até 1,5 cm, sendo que a metade é 0,75 cm; o mesmo foi considerado para as demais posições: 0,75 cm (medula); 2,25 cm, 3,75 cm, 5,25 cm e 6,75 cm (casca).

Tabela 1. Informações sobre as árvores de *Astronium graveolens*.

Table 1. Informations about *Astronium graveolens* trees.

Indivíduo	DAP (cm)	Altura total (m)	Número de amostras
1	16,5	14,7	3
2	17,0	14,1	4
3	18,9	15,7	5
4	15,5	12,9	5
5	18,8	15,0	5

2.2 Caracterização, Densidade e Anatomia da Madeira

A caracterização microscópica da madeira seguiu as recomendações de Coradin e Muniz (1992). Para determinar a densidade básica (DB) utilizou-se o método da balança hidrostática, descrito por Foelkel et al. (1971). Os corpos de prova foram saturados com auxílio de bomba de vácuo para obtenção do peso úmido e, posteriormente, secos em estufa a 105 °C.

Para a mensuração dos elementos celulares do lenho, fragmentos de cada corpo de prova foram dissociados de acordo a técnica descrita por Berlyn e Miksche (1976). Para a confecção das lâminas histológicas, os corpos de prova foram amolecidos por meio de cozimento em água, etanol e glicerina (1:1:1) por cerca de uma hora e depois seccionados em micrótomo de deslize marca Leitz 1208 nos planos transversal e longitudinal (tangencial e radial) com espessuras entre 16 e 25 µm, sendo tratadas de acordo com a metodologia usual para anatomia da madeira, conforme Johansen (1940) e Sass (1951). As mensurações das células seguiram as recomendações do IAWA Committee (1989), sendo determinadas as seguintes variáveis: comprimento dos elementos de vasos (CV), diâmetro dos vasos (DV), frequência dos vasos (FV), pontoações raiovasculares (PR), pontoações intervaseculares (PI), comprimento das fibras (CF), espessura da parede das fibras (EPF), altura dos raios (AR), largura dos raios (LR), frequência dos raios (FR), altura dos raios em número de células (ARC), largura dos raios em número de células (LRC) com n = 25. Para a determinação do ângulo de microfibrilas (AM) foi empregada a metodologia da luz polarizada, que consiste em rotacionar a lâmina com a secção de madeira que está sobre a platina do microscópio, que possui marcação de 0 a 360°. O processo é iniciado com as fibras dispostas longitudinalmente, em seguida a platina é girada até a parede celular tornar-se mais escura – máxima posição de extinção (Donaldson, 2008). Nesta técnica foi adotado n = 10.

Todas as mensurações foram feitas em microscópio de luz com polarização, equipado para captura de imagens e com sistema de medições (Marca Olympus modelo CX 31 acoplada com câmera OLYMPUS EVOLT E-330 e software de análise de imagens Image-Pro Express versão 6.3).

As hipóteses testadas foram: a) a densidade básica e as dimensões celulares não diferem entre árvores de *Astronium graveolens* ao longo de 20 anos; b) existem variações na densidade básica e nas dimensões celulares no sentido medula-casca no tronco de *Astronium graveolens*, aos 20 anos, e c) existe relação entre a densidade básica da madeira e as dimensões celulares da madeira de *Astronium graveolens*.

Foram realizadas a análise descritiva, a análise de variância (ANOVA) e o estudo das correlações entre as variáveis com a posição radial e características anatômicas com a densidade básica. Foi efetuada, também, uma análise de regressão linear simples. Os testes estatísticos foram executados através do software SAS para Windows (SAS, 1999).

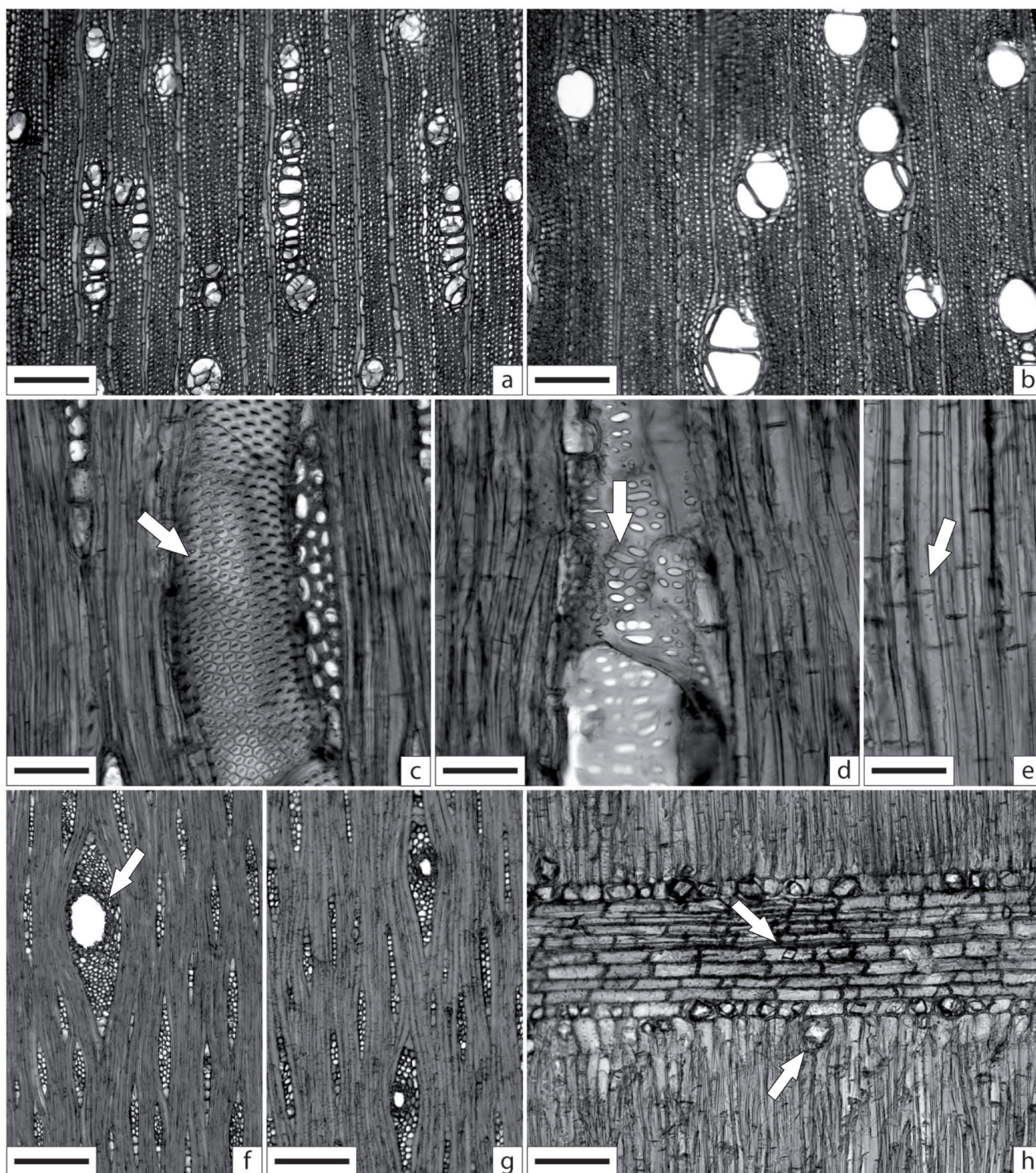
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da Madeira

Em todas as amostras observaram-se vasos com porosidade difusa, arranjo tangencial, solitários (66,2%), geminados (19,8%), múltiplos de três (8,1%) e múltiplos de quatro ou mais (5,7%), sendo que foram observados múltiplos de até doze vasos, arredondados (Figura 1a-b), com apêndices em ambas as extremidades, placas de perfuração simples, quase totalmente obstruídos por tilos no cerne (Figura 1a), pontoações intervaseculares areoladas, alternas, inclusas (Figura 1c), pontoações raiovasculares com bordas reduzidas de dois tamanhos distintos no mesmo raio (Figura 1d); fibras libriformes, septadas (Figura 1e), curtas, com paredes delgadas a espessas; parênquima axial paratraqueal escasso (Figura 1a-b); raios unisseriados e multisseriados, com até oito células de largura (Figura 1f-g), heterogêneos com células procumbentes no corpo e quadradas ou eretas nas extremidades (Figura 1h), presença de canais radiais (Figura 1f-g) e cristais prismáticos (Figura 1h).

3.2 Comparação Quantitativa entre as Árvores

Apenas a frequência dos raios e as pontoações intervaseculares diferiram significativamente entre os indivíduos amostrados (Tabela 2).



Figuras 1a-b. Secções transversais, mostram parênquima axial paratraqueal escasso. a. Diâmetro, frequência e obstrução dos vasos na região da medula. b. Região próxima da casca, comparada à foto anterior. c. Pontoações intervassculares (seta). d. Pontoações raiovasculares (seta). e. Detalhe de fibras septadas (seta). f-g. Secções tangenciais destacando a variação nas dimensões dos raios e a presença de canais radiais (seta). h. Secção radial destacando um raio com cristais distribuídos em várias células (setas).

Figures 1a-b. Transverse sections, show axial parenchyma scanty paratracheal. a. Diameter, frequency and vessel tyloses in the pith region. b. Region close to bark, compared with the previous figure. c. Intervessel pits (arrow). d. Vessel-ray pits (arrow). e. Detail of septate fibers (arrow). f-g. Tangential sections highlighting the variation in the ray dimensions and radial canals (arrow). h. Radial section showing a ray with crystals spread over several cells (arrows).

Tabela 2. Valor médio da densidade básica e características anatômicas da madeira em cinco árvores de *Astronium graveolens* e resultado da análise de variância.Table 2. Average value of the basic density and anatomical features of the wood in five trees of *Astronium graveolens* and result of ANOVA tests.

Propriedade	mínima	média	máxima	desvio-padrão	significância
DB (g cm ⁻³)	0,39	0,64	0,81	0,10	n.s.
AM (°)	17,1	18,9	20,6	0,95	n.s.
CF (µm)	622	959	1340	182	n.s.
EPF (µm)	2,8	3,7	4,7	0,55	n.s.
CV (µm)	357	463	598	52,63	n.s.
DV (µm)	67,4	95,8	116,8	15,49	n.s.
FV (n° mm ²)	9,5	15,8	24,1	4,20	n.s.
PI (µm)	7,6	9,7	11,9	1,15	*
PR (µm)	11,1	13,7	16,7	1,38	n.s.
AR (µm)	161	228	308	29,48	n.s.
LR (µm)	12,7	25	33,8	4,89	n.s.
FR (n° mm)	6,0	7,6	9,0	0,96	*
ARC (n°)	9,1	10,9	14,4	139	n.s.
LRC (n°)	1,0	2,0	2,7	0,45	n.s.

Nota: n.s. = não significativo; * = significativo a 5%; DB = densidade básica; AM = ângulo de microfibrila; CF = comprimento da fibra; EPF = espessura da parede das fibras; CV = comprimento do elemento de vaso; DV = diâmetro de vaso; FV = frequência de vaso; PI = pontoação intervascular; PR = pontoação raiovascular; AR = altura do raio; LR = largura do raio; FR = frequência do raio; ARC = altura do raio em número de células; LRC = largura do raio em número de células.

3.3 Correlação entre Densidade Básica, Características Anatômicas e Variação Radial

A Tabela 3 mostra que as variáveis: densidade básica, comprimento de fibra, espessura da parede da fibra, diâmetro de vaso e frequência de vaso apresentaram correlação significativa com a distância da medula.

Por outro lado, o comprimento das fibras, espessura da parede da fibra e o diâmetro dos vasos apresentaram correlação significativa com a densidade básica.

Para uma observação mais detalhada, também foram realizadas análises de regressão simples para as características que apresentaram correlações significativas (Figuras 2 e 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson, obtidos nas correlações entre as variáveis estudadas em *Astronium graveolens*.Table 3. Pearson's Coefficient obtained in the correlations among the variables studied in *Astronium graveolens*.

	DM	DB	AM	CF	EPF	CV	DV	FV	AR	LR	FR
DM	—	0,94	0,28	0,97	0,91	0,79	0,94	-0,91	0,74	0,86	-0,76
		**	n.s.	**	**	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
DB	0,94	—	0,35	0,93	0,93	0,84	0,89	-0,79	0,50	0,69	-0,76
	**		n.s.	**	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s. = não significativo; ** = significativo a 1%; DM = distância da medula; DB = densidade básica; AM = ângulo de microfibrila; CF = comprimento da fibra; EPF = espessura da parede das fibras; CV = comprimento do elemento de vaso; DV = diâmetro de vaso; FV = frequência de vaso; AR = altura do raio; LR = largura do raio; FR = frequência do raio.

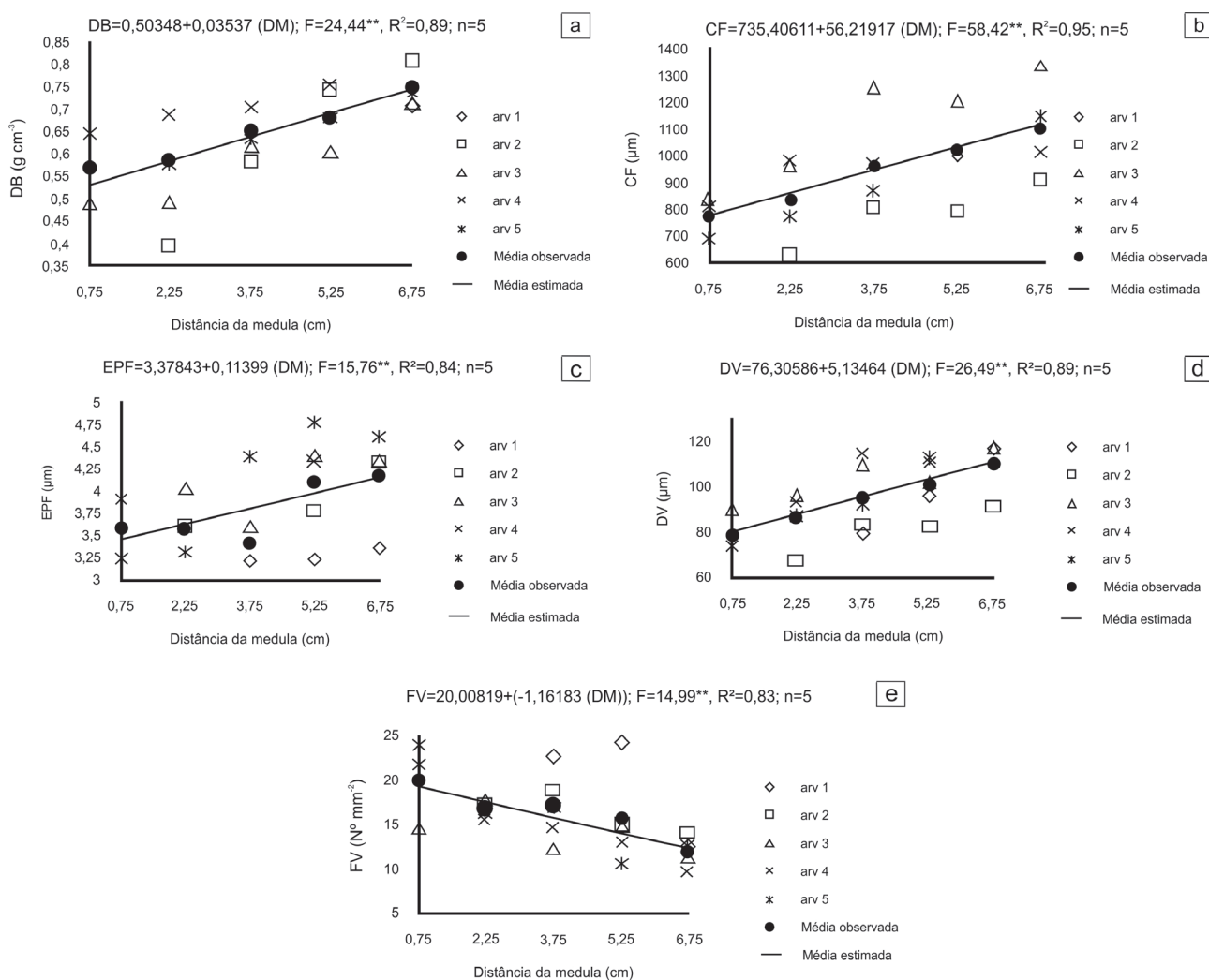


Figura 2. Dispersão e linhas de tendência representativas da regressão, entre a) densidade básica (DB), b) comprimento das fibras (CF), c) espessura da parede da fibra (EPF), d) diâmetro dos vasos (DV), e e) frequência dos vasos (FV) em cinco amostras de *Astronium graveolens*, aos 20 anos de idade, em relação à variação radial (distância da medula), em cm.

Figure 2. Dispersion and trend lines representing the regression of a) basic density (DB), b) length of fiber (CF), c) wall thickness of the fiber (EPF), d) vessel diameter (DV) and e) frequency of vessels (FV) in five samples of *Astronium graveolens*, at 20 years old, in relation to radial variation (distance from the pith) in cm.

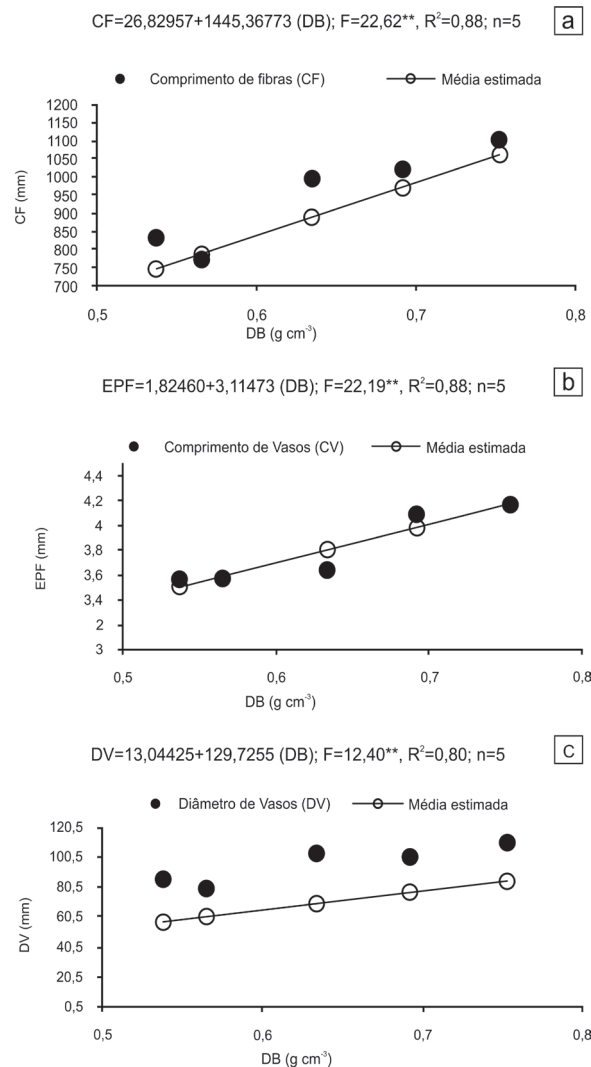


Figura 3. Dispersão e linhas de tendência representativas da regressão entre a) comprimento das fibras (CF), b) espessura da parede das fibras (EPF), e c) diâmetro dos vasos (DV) em cinco amostras de *Astronium graveolens*, aos 20 anos de idade, em relação à densidade básica (DB).

Figure 3. Dispersion and trend lines representing the regression of a) length of fiber (CF), b) wall thickness of the fibers (EPF), and c) vessel diameter (DV) in five samples of *Astronium graveolens*, at 20 years old, in relation to basic density (DB).

Foram observados aumentos significativos na direção da casca para as seguintes variáveis: densidade básica, diâmetro do vaso, comprimento e espessura da parede da fibra, enquanto a frequência dos vasos diminuiu significativamente na mesma direção (Figura 2). As demais características não apresentaram variações radiais significativas.

Para as relações das características anatômicas com a densidade básica, verificou-se que as melhores relações lineares foram obtidas com o comprimento e espessura de fibra, nas quais ocorreu relação positiva entre estas variáveis (Figura 3a e 3b).

De maneira geral, as características anatômicas estão de acordo com as mencionadas por Richter e Dallwitz (2011) para o gênero. Contudo, é interessante destacar que Woodcock (1994), em estudo com 66 espécies de árvores em floresta tropical seca na Costa Rica, encontrou em muitas, dentre elas *A. graveolens*, variação no diâmetro dos vasos dentro da camada de crescimento. Esse resultado não foi observado no presente estudo. Essa variação na porosidade dos vasos deve estar associada às variações climáticas, especialmente nas diferenças de precipitação e déficit hídrico, bem como da capacidade do solo em armazenar água.

O valor da densidade de 0,69-0,95 g.cm⁻³ ficou abaixo e a frequência de vasos de 7-13 ficou acima do que foi observado em Manieri e Chimelo (1989) (Tabela 2). Fato que pode ser explicado pela idade das árvores, uma vez que de acordo com Gandolfi et al. (1995), *A. graveolens* é considerada espécie secundária, portanto, os troncos das árvores do presente estudo com 20 anos devem ser constituídos, em sua maioria, por madeira juvenil, sugerindo que a densidade deva aumentar com o passar do tempo. Apesar das variações, os valores citados no presente trabalho são importantes, uma vez que representam as características de indivíduos com idade, procedência e espaçamento de plantio conhecidos, podendo ser empregados como referência para a espécie aos 20 anos. É interessante citar que os vasos são quase completamente obstruídos por tilos, fato que pode se relacionar com as dimensões dos poros das pontoações raiovasculares (Burger e Richter, 1991). Uma vez que as pontoações raiovasculares em *A. graveolens* atingem mais de 16 micrometros de diâmetro, este fato deve propiciar a expansão das células parenquimáticas através das pontoações para o interior dos vasos quando estes deixam de transportar água.

Em termos quantitativos, as madeiras das cinco árvores praticamente não apresentaram variação significativa (Tabela 2). Esse resultado revela homogeneidade entre os indivíduos, ainda que os mesmos sejam provavelmente provenientes de árvores-mães diferentes possuem baixa variação em sua madeira, o que pode ser um indicativo de alto aproveitamento da madeira para fins comerciais.

A variação radial das características anatômicas, e consequentemente da densidade, está relacionada com a maturação do câmbio vascular e influencia diretamente na variação da densidade da madeira (Zobel e Buitjnen, 1989). Os resultados encontrados para as fibras e vasos são reportados por muitos autores, sendo em alguns casos empregados para separar a madeira juvenil da adulta. Gatto et al. (2008) em *Luehea divaricata* e Gatto et al. (2010) em *Carya illinoensis* concluíram que o comprimento das fibras foi o melhor parâmetro para separar a madeira juvenil da adulta.

Nos dois trabalhos os autores observaram que o comprimento das fibras aumenta de maneira significativa nos primeiros anos de vida, seguido de estabilização e decréscimo a partir de uma determinada camada de crescimento. Esse padrão não foi observado em *A. graveolens*, mas se especula que a espécie possui o mesmo padrão supracitado, o que reforça a hipótese que a madeira analisada seja juvenil, pois o comprimento das fibras em todos os indivíduos estudados apresentou aumento sem indício de estabilização dos valores até a casca. Já o aumento da espessura da parede das fibras deve acompanhar o aumento no comprimento das células.

O padrão de aumento do diâmetro dos vasos com a diminuição da sua frequência é observado em muitas espécies. Baas et al. (2004) explicam esse fato relacionando as adaptações das plantas em resposta ao ambiente, e mencionam que isto pode ocorrer, pois madeiras com vasos de maior diâmetro podem ser mecanicamente tão fortes e ter maior eficiência na condução de água do que madeiras com vasos de menor diâmetro. Usando o mesmo raciocínio para interpretar a variação radial, pode-se considerar que há aumento da demanda por água e reforço mecânico do fuste conforme a árvore cresce. Infere-se, portanto, que o padrão observado em *A. graveolens* supra as exigências de crescimento das árvores estudadas.

A densidade da madeira de *A. graveolens* também aumentou na direção da casca. Segundo Wiemann e Williamson (1988, 1989), esse aumento nas madeiras tropicais está relacionado com o grupo ecológico, uma vez que espécies pioneiras crescem rapidamente no sentido vertical para ultrapassar o dossel, o que ocasiona madeira mais leve. Williamson e Wiemann (2011), em estudo com 12 espécies ocorrentes em floresta tropical, completam que a variação radial da densidade está relacionada com a idade e não com o tamanho da árvore. Esse padrão foi observado por Lima et al. (2010) em *Croton floribundus*, espécie pioneira e de ampla ocorrência natural em vários tipos de vegetação. *A. graveolens*, espécie considerada secundária (Gandolfi et al., 1995), também apresentou o mesmo padrão de aumento no sentido medula-casca.

A comparação entre os resultados de diferentes trabalhos deve considerar as variações no tamanho amostral e as características do material vegetal utilizado em cada estudo. Dentre as características mais importantes do material vegetal, estão o DAP e a idade das plantas, as características ontogenéticas do lenho e os fatores ambientais que atuaram durante a formação do lenho. Por isso, comparações com outros trabalhos devem resguardar as particularidades de cada procedimento e, principalmente, as características genéticas das espécies e populações avaliadas, e as condições ambientais onde elas ocorrem.

De maneira geral, variações nas dimensões das células implicam em aumento ou diminuição da densidade da madeira (Wiedenhoeft, 2010). Normalmente, densidade mais alta se relaciona com a menor frequência de vasos (Rao et al., 1997; Green et al., 1999; Lima et al., 2010) e maiores proporções, comprimento e espessura de parede das fibras (Gasson, 1987; Downes et al., 1997; Lima et al., 2010).

Em *A. graveolens* as fortes correlações positivas entre o comprimento e a espessura da parede das fibras com a densidade básica (Figura 3a-b) decorrem do fato de que o aumento na proporção de paredes celulares espessas aumenta a massa e, portanto, a densidade, ainda mais no caso das fibras que ocorrem em maior proporção quando comparadas com as outras células da madeira das angiospermas. Ishiguri et al. (2009) verificaram que a espessura das paredes está altamente relacionada ao aumento da densidade.

No caso da relação positiva entre o diâmetro dos vasos com a densidade básica, intuitivamente parece mais lógico que a relação fosse negativa, pois o aumento nesta característica anatômica implica, respectivamente, em aumento de espaços vazios que resultam em menor densidade. No entanto, neste estudo o diâmetro dos vasos se relacionou positivamente com a densidade. Dessa forma, sugere-se que as relações encontradas com as fibras (Quilhó et al., 2006) e a diminuição da frequência de vasos (Alves et al., 2008) na direção da medula tenham compensado o resultado do diâmetro dos vasos.

Embora em diversos trabalhos sejam apontadas variações significativas ao longo da

madeira para o ângulo de microfibrilas e sua influência nas propriedades da madeira (Butterfield, 2003), no presente estudo não foi encontrada relação significativa com a densidade, o mesmo resultado mencionado por Lachenbruch et al. (2010) para *Pseudotsuga menziessii*.

Outra característica que influenciou na densidade e, conseqüentemente, nas propriedades das madeiras é a quantidade de parênquima axial. Embora no presente estudo essa característica não tenha sido determinada, foi observado paratraqueal escasso, isto significa uma porcentagem muito baixa deste tipo de célula quando comparado com as fibras e vasos, o que de acordo com Burger e Richter (1991) pode contribuir para alta resistência mecânica.

4 CONCLUSÃO

A madeira das árvores de *A. graveolens*, ao longo de 20 anos de idade em plantio homogêneo, não mostrou variação na densidade básica e, de forma geral, nas características anatômicas entre os indivíduos, este resultado sugere que a madeira desta espécie, nestas condições de plantio, deve possuir bom aproveitamento e mantém a qualidade independente do indivíduo cortado.

As variações radiais e as correlações entre a densidade e as características anatômicas do lenho analisadas, devem ser decorrentes do crescimento do indivíduo e maturação do câmbio vascular que permitem o equilíbrio entre a condução de água e a resistência mecânica da árvore.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.S.; LONGUI, E.L.; AMANO, E. Pernambuco wood (*Caesalpinia echinata*) used in the manufacture of bows for string instruments. **IAWA Journal**, n. 29, p. 323-335, 2008.
- BAAS, P.; WERKER, E.; FAHAN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA J.**, n. 4, p. 141-160, 2004.
- BERLYN, G.P.; MIKSCH, J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Iowa: The Iowa University Press, 1976. 326 p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

BUTTERFIELD, B.G. Wood anatomy in relation to wood quality. In: BARNETT, J.R.; JERONIMIDIS, G. (Ed.). **Wood quality and its biological basis**. Cornwall: Blackwell Publishing: CRC Press, 2003. p. 30-52. (Biological Sciences Series).

CORADIN, V.T.R.; MUNIZ, G.B. de. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira**: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação, Laboratório de Produtos Florestais, 1992. 17 p. (Série Técnica, 15).

DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and relationships – a review. **IAWA Journal**, v. 29, n. 4, p. 345-386, 2008.

DOWNES, G.M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Collingwood: CSIRO Publishing, 1997. 132 p.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n. 2/3, p. 65-74, 1971.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GASSON, P. Some implications of anatomical variations in the wood of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) including comparisons with comoron beech (*Fagus sylvatica* L.). **IAWA Bulletin**, n. 8, p. 149-166, 1987.

GATTO, D.A. et al. Características tecnológicas das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus x acerifolia* quando submetidas ao vergamento. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 121-131, 2008.

_____. et al. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto de *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch por meio de parâmetros anatômicos da madeira. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 675-682, 2010.

GOMES, J.G. et al. Efeito de diferentes substratos e condições de luminosidade na emergência de plântulas de Gibatão. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

GREEN, D.W.; WINANDY, J.E.; KRETSCHMANN, D.E. Mechanical properties of wood. In: **WOOD handbook: wood as an engineering material**. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. p. 1-46. (Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113).

IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

ISHIGURI, F. et al. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. **IAWA Journal**, v. 30, n. 3, p. 343-351, 2009.

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

LACHENBRUCH, B.; JOHNSON, G.R.; EVANS, R. Relationships of density, microfibril angle, and sound velocity with stiffness and strength in mature wood of Douglas-fir. **Can. J. For.**, n. 40, p. 55-64, 2010.

LIMA, I.L. et al. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares de *Croton floribundus*. **Floresta**, v. 40, n. 3, p. 663-670, 2010.

LIMA, R.S.; OLIVEIRA, P.L.; RODRIGUES, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasil. Bot.**, v. 2, p. 361-374, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 382 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989. 420 p.

QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **IAWA Journal**, n. 27, p. 243-254, 2006.

RAO, R.V.; AEBISCHER, D.P.; DENNE, M.P. Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness, and fibre and vessel percentages in *Quercus robur*. **IAWA Journal**, n. 18, p. 127-138, 1997.

RICHTER, H.G.; DALLWITZ, M.J. **Commercial timbers**: descriptions, illustration, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish, 2000, Version: 25th June 2009. Disponível em: <<http://delta-intkey.com>>. Acesso em: 16 maio 2011.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide. Version 8 (TSMO)**. Cary, 1999. 454 p.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique**. Ames: The Iowa State College Press, 1951. 326 p.

SEBBENN, A.M. et al. Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa-*Cariniana legalis* (Mart.) O.Ktze. **Rev. Inst. Flor.**, v. 12, n. 1, p. 13-23, 2000.

URBINATI, C.V. et al. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta bot. bras.**, v. 17, n. 3, p. 421-437, 2003.

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of wood. In: ROSS, R.J. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Centennial ed. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 1-17. (Gen. Technical Report FPL-GTR-190).

WIEMANN, M.C.; WILLIAMSON, G.B. Extreme radial changes in wood specific-gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v. 20, p. 344-349, 1988.

_____. Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees. **Forest Science**, v. 35, p. 197-210, 1989.

WILLIAMSON, G.B.; WIEMANN, M.C. Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity: lessons from eccentrics. **Trees**, v. 25, n. 1, 2011, DOI: 10.1007/s00468-010-0535-5. Disponível em: <<https://springerlink3.metapress.com/content/p2h5r84120384wh8/resource-ecured/?target=fulltext.pdf&sid=waodr55dhqf1n45fqw1dz3a&sh=www.springerlink.com>>. Acesso em: 16 maio 2011.

WOODCOCK, D.W. Occurrence of woods with a gradation in vessel diameter across a ring. **IAWA Journal**, v. 15, n. 4, 1994, p. 377-385.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. van. **Wood variation**: its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361 p.

SIX POTENTIAL WOODS FOR BOWS OF STRINGED INSTRUMENTS: ORGANOLEPTIC PROPERTIES, MACHINING AND COMMERCIAL AVAILABILITY¹

SEIS MADEIRAS POTENCIAIS PARA ARCOS DE INSTRUMENTOS DE CORDA: PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS, TRABALHABILIDADE E DISPONIBILIDADE COMERCIAL

Eduardo Luiz LONGUI^{2,5}; Daniel Romeu LOMBARDI³;
Edenise Segala ALVES⁴

ABSTRACT – In this paper it was investigated the organoleptic properties and machining of six potential woods for bows of stringed instruments and compared the results with those mentioned for the *Caesalpinia echinata* wood, the reference for modern bows. Thirty wood stores were visited in different cities of the São Paulo state to verify the commercial availability of these woods. We concluded that despite the traditionalism of the red tones in the woods for bows, woods with yellowish tones such as *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. or brownish such as *Diploptropis* spp. with appropriate properties, may offer alternative colors and textures to the musicians. It was observed that the *Mezilaurus itauba* and *Astronium lecointei*, woods with easy machining, have no potential suitable for bows. Regarding to availability, all woods tested are relatively easy to find nowadays in the wood market. *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. showed greater potential for making bows for professional musicians. The woods of *Mezilaurus itauba* and *Astronium lecointei* did not show good potential for bows.

Keywords: *Caesalpinia echinata*; *Handroanthus*; *Dipteryx*; musical instruments.

RESUMO – Neste trabalho foram investigadas as propriedades organolépticas e a trabalhabilidade de seis madeiras potenciais para arcos de instrumentos de corda e os resultados comparados com os da madeira de *Caesalpinia echinata*, referência para arcos modernos. Foram visitadas 30 madeireiras em diferentes cidades do Estado de São Paulo para observar a disponibilidade das seis madeiras. Conclui-se que apesar do tradicionalismo dos tons de vermelhos na madeira para arcos, outras madeiras com tons amarelados como *Handroanthus* spp. e *Dipteryx* spp. ou acastanhados como *Diploptropis* spp., desde que possuam propriedades adequadas, podem oferecer alternativas de cores e texturas para os músicos. Madeiras de fácil trabalhabilidade, como *Mezilaurus itauba* e *Astronium lecointei* não são adequadas para a fabricação dos arcos. Atualmente, todas as madeiras testadas são relativamente fáceis de serem encontradas no comércio madeireiro. *Handroanthus* spp. e *Dipteryx* spp. apresentaram o maior potencial para a fabricação de arcos para músicos profissionais. As madeiras de *M. itauba* e *A. lecointei* não mostraram potencial para os arcos.

Palavras-chave: *Caesalpinia echinata*; *Handroanthus*; *Dipteryx*; instrumentos musicais.

¹Recebido para análise em 13.07.11. Aceito para publicação em 23.08.11. Publicado online em 29.12.11.

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

³Lombardi Atelier, Rua Havaí, 616, 01259-000 São Paulo, SP, Brasil. arcos@lombardiarcos.com

⁴Instituto de Botânica, Av. Miguel Stéfano, 3687, 04301-902 Água Funda, São Paulo, SP, Brasil. edenise.alves@pq.cnpq.br

⁵Autor para correspondência: Eduardo Luiz Longui – elongui@if.sp.gov.br

1 INTRODUCTION

The choice of woods for any purpose requires knowledge of their organoleptic and technological properties, machining and commercial availability. The traditional woods have had their properties checked over decades, so the comparison of these properties with the ones of alternative woods, represents an effective strategy to assess the potential of the latter.

Due to heterogeneity, orthotropy and variability of wood, even two pieces of the same tree are never absolutely similar (Burger and Richter, 1991; Araújo, 2002), so the selection of alternative woods is not a simple process.

Besides appropriate physical and mechanical properties, woods are also chosen for their organoleptic properties as color, smell and brightness. Color and smell are present mainly in the heartwood and given by pigments, tannins, resins or other organic substances. The brightness due to the reflection of light by cell walls, the texture due to the dimensions of vessels and rays and the grain related to the longitudinal orientation of cells also characterize each wood (Brunelli et al., 1997).

The machining is influenced by the structure of the wood and by its physical, mechanical and organoleptic properties as well as by the presence of crystals, silica, oils and toxic extractives that can cause difficulty in sawing and risks to health. Among these features, the grain is directly related to the finish, because woods with irregular grain will show a rough surface after sanding. The density also affects the machining: in woods with very low density, due to high frequency of axial parenchyma, it is difficult to obtain smooth surfaces because those cells tend to tear, resulting in velvety surfaces. Whereas, in the woods with high density, there is an excessive attrition and wear on cutting tools (Burger and Richter, 1991; Williams, 1999; Hoadley, 2000).

The wood of *Caesalpinia echinata* has been used for almost 200 years in the manufacture of bows of stringed instruments (Bueno, 2002), and even nowadays there are few scientific studies to propose alternative woods (Matsunaga et al., 1996; Angyalossy et al., 2005; Alves et al., 2008a; Longui et al., 2010a, b). Considering that *C. echinata* is endangered our aims were:

- 1) to determine organoleptic properties and machining of six potential woods and compare them with *C. echinata*;
- 2) to check the availability of those woods in the woodwork supply stores, and
- 3) to classify the studied woods with regard to their potential for bows.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Wood Species

Five planks of *Handroanthus* spp. syn *Tabebuia* (ipê) – Bignoniaceae and three planks of *Mezilaurus itauba* (itaúba) – Lauraceae, *Hymenaea* spp. (jatobá) – Fabaceae, *Dipteryx* spp. (cumarú) – Fabaceae, *Diploptropis* spp. (sucupira) – Fabaceae and *Astronium lecontei* (muiracatiara) – Anacardiaceae were bought in the wood market in São Paulo. According to Mainieri et al. (1983), these wood species have specific gravity above 950 kg m⁻³, a density considered ideal for bows (Alves et al., 2008a; Longui et al., 2010a, b). To ensure that the samples came from different trees, only one plank was purchased in each wood store. To confirm the identification, the woods were compared with samples from the Forestry Institute Xylarium (SPSFW). Besides the above six woods, we also studied 10 samples of *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) supplied by one of the authors.

2.2 Organoleptic Properties

It was established the organoleptic properties of the wood by visual, tactile and olfactory analyses and by comparison with data from the literature (Mainieri et al., 1983; Brunelli et al., 1997; Zenid, 2009).

2.3 Machining

The machining was based on the experience of one of the authors, a bow maker for over 20 years. For each stage of bow manufacture: sawing, planing, bending, sanding and finishing, as described by Alves et al. (2008b), a difficulty scale (levels 1 to 5) was created, with higher numbers indicating greater difficulty. The seven woods were evaluated in a comparative way, which resulted in a relative score for each stage of the process.

2.3.1 Sawing

Using A band saw, it was sawed 10 sticks (about 750 x 15 x 15 mm) for each wood in a total of 70 sticks (Figure 1).



Figure 1. Cutting *Diploptropis* spp. sticks with a band saw.

Figura 1. Corte em serra de fita das varetas de *Diploptropis* spp.

2.3.2 Planing

The sticks (Figure 2) were planed to reach the final shape and dimensions of a bow. This procedure can be performed throughout the stick manufacturing. The tools used in this stage were: planer, measurement instrument, ruler, scrape and chisel.

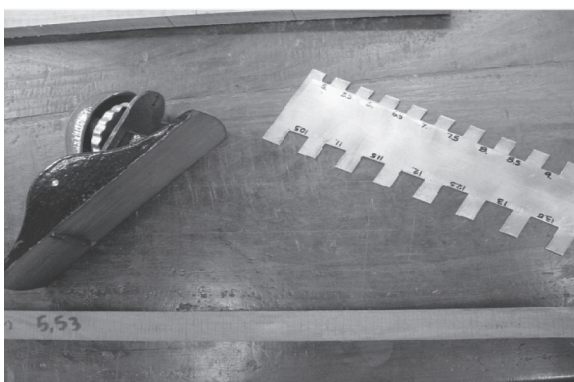


Figure 2. Planer and instrument to measure the diameter of the sticks. Photo by Erika Amano in Alves et al. (2008b).

Figura 2. Plaina e instrumento para medir o diâmetro das varetas. Foto de Erika Amano em Alves et al. (2008b).

2.3.3 Bending

This stage was performed with an alcohol lamp and a support attached to a table. The sticks were heated every 2 centimeters and forced against the support to get the curvature (Figure 3).

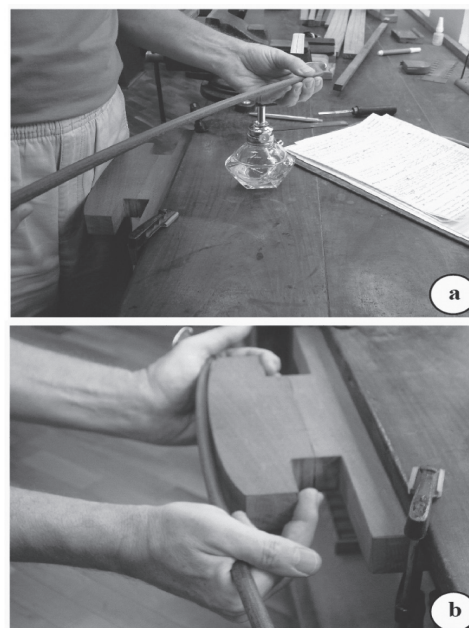


Figure 3. Curvature of sticks. a. Heating stick with an alcohol lamp. b. Stick being bent over support to obtain the curvature. Photos by Erika Amano in Alves et al. (2008b).

Figura 3. Procedimento para curvatura das varetas. a. Aquecimento da vareta com lamparina a álcool. b. Vareta sendo curvada sobre suporte. Fotos de Erika Amano em Alves et al. (2008b).

2.3.4 Sanding

Just as the planing, at various stages of manufacture and to promote the finish of the sticks, they were sanded with abrasive paper of different grit size (Figure 4). To establish the difficulty level of sanding, this stage was always performed in the longitudinal direction of the wood (parallel to the fibers).



Figure 4. Sanding the side of the stick near the head. Photo by Erika Amano in Alves et al. (2008b).

Figura 4. Lixamento da lateral da vareta próxima da ponta. Foto de Erika Amano em Alves et al. (2008b).

2.3.5 Finishing

For the finish, it was used fine abrasive paper, paintbrush, varnish and polishing cloth.

2.4 Commercial Availability

Thirty wood stores were visited: 10 in the city of São Paulo and 20 in other cities of São Paulo state. The identification of species/genus was confirmed by observation with a 10x hand lens,

and comparison with literature (Mainieri et al., 1983; Mainieri and Chimelo, 1989) and with samples from wood collection of the Forestry Institute of São Paulo, whose acronym is SPSFw.

3 RESULTS

3.1 Organoleptic Properties

Table 1 shows the organoleptic properties of the seven studied species.

Table 1. Organoleptic properties of *Caesalpinia echinata* and six potential woods for bows manufacture.

Tabela 1. Propriedades organolépticas de *Caesalpinia echinata* e seis madeiras potenciais para fabricação dos arcos.

Organoleptic properties	Woods						
	Ce	Ha	Hy	Mi	Dipt	Dipl	Al
Heartwood	Orange to dark reddish	Pale brownish or yellowish with darker green or attenuated fibrous aspect, with brown streaks	Brownish red	Yellowish-green when freshly cut, becoming brownish-green to dark when exposed to light	Pale brownish or yellowish with accentuated fibrous aspect	Brownish with accentuated fibrous aspect	reddish brown with dark veins and gold hues
Odour	Indistinct	Olive	Indistinct	Pleasant	Olive	Indistinct	Indistinct
Brightness	Moderate or high	Low	Low	Moderate	Low	Absent or irregular	Moderate
Texture	Fine to medium	Medium to coarse	Medium to coarse	Fine to medium	Medium to coarse	Coarse	Medium
Grain	Straight to interlocked	Straight	Straight	Wavy to interlocked	Irregular to interlocked	Irregular to interlocked	Interlocked

Ce = *Caesalpinia echinata*; Ha = *Handroanthus* spp.; Hy = *Hymenaea* spp.; Mi = *Mezilaurus itauba*; Dipt = *Dipteryx* spp.; Dipl = *Platypodium* spp.; Al = *Astronium lecontei*.

3.2 Machining

The values determined in each stage were added up to establish the degree of difficulty. It was noted that the wood that provided better quality

sticks had greater difficulty in being worked (Table 2 and Figure 5). The six potential woods were more easily sawed, planed, bending and sanded (except *Diplotropis* spp.) than *C. echinata*, although the finishing was better in the latter.

Table 2. Machining of *Caesalpinia echinata* and six potential woods for bows manufacture. Numbers 1-5 indicate the degree of difficulty, higher numbers indicate greater difficulty.

Tabela 2. Trabalhabilidade de *Caesalpinia echinata* e seis madeiras potenciais para fabricação dos arcos. Números de 1-5 indicam o grau de dificuldade, números mais altos indicam maior dificuldade.

Stages	Woods						
	<i>Ce</i>	<i>Ha</i>	<i>Hy</i>	<i>Mi</i>	<i>Dipt</i>	<i>Dipl</i>	<i>Al</i>
Sawing	3	2	2	1	2	2	1
Planing	5	2	3	1	4	4	1
Bending	5	2	1	2	1	3	2
Sanding	3	2	1	2	3	1	2
Finishing	1	2	2	1	2	2	2

Ce = *Caesalpinia echinata*; *Ha* = *Handroanthus* spp.; *Hy* = *Hymenaea* spp.; *Mi* = *Mezilaurus itauba*; *Dipt* = *Dipteryx* spp.; *Dipl* = *Diplotropis* spp.; *Al* = *Astronium lecointei*.

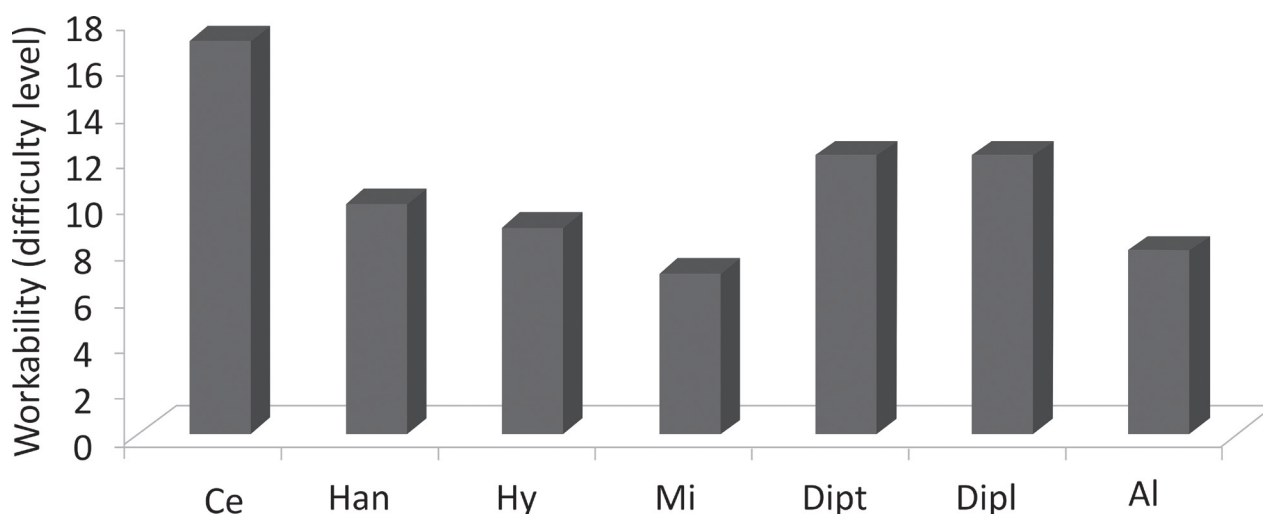


Figure 5. Sum of the degree of difficulty regarding to machining.

Figura 5. Somatória do grau de dificuldade quanto à trabalhabilidade.

M. itauba and *A. lecointei* were easier to saw (level one), while *Handroanthus* spp., *Dipteryx* spp., *Diploptropis* spp. and *Hymenaea* spp. showed the same level of difficulty of sawing (level two).

Planing varied between the potential woods: *M. itauba* and *A. lecointei* were the easiest planed (level one); *Handroanthus* spp. was level two, *Hymenaea* spp. level three, while *Dipteryx* spp. and *Diploptropis* spp. were the most difficult to be planed (level four).

Concerning bending, *Diploptropis* spp. showed difficulty level three; *Hymenaea* spp. and *Dipteryx* spp. were bending easily (level one), while *Handroanthus* spp., *M. itauba* and *A. lecointei* showed level two.

Comparing the potential woods with *C. echinata* (level five) they were bending easily.

C. echinata and *Dipteryx* spp. were the most difficult to be sanded (level three), *Handroanthus* spp., *M. itauba* and *A. lecointei* showed level two, the easiest were *Hymenaea* spp. and *Diploptropis* spp. (level one).

C. echinata and *M. itauba* showed the best finishing (level one) and the other woods presented level two. Comparing these woods, *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. developed raised fibers, resulting in a lower quality of finishing.

Figures 6, 7 and 8 show, by comparison, the transverse and tangential longitudinal surfaces of the studied woods.

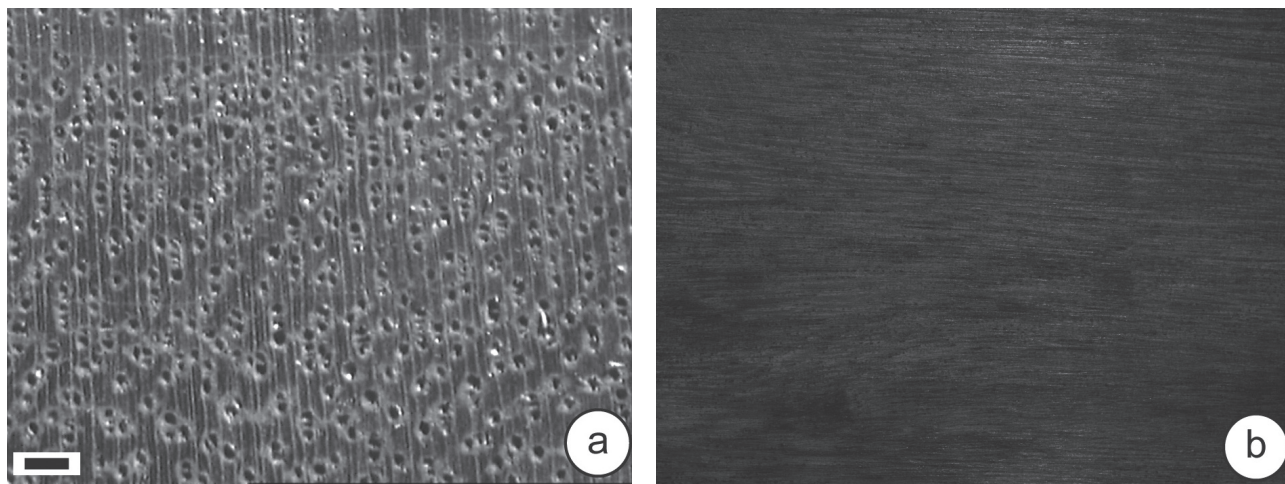


Figure 6. *Caesalpinia echinata* wood. a. Transverse surface of wood. b. Tangential longitudinal surface. Compare with figures 7 and 8 which show the images for the six potential woods for bows. Scale bar = 500 μ m.

Figura 6. Madeira de *Caesalpinia echinata*. a. Superfície transversal. b. Superfície longitudinal tangencial. Compare com as figuras 7 e 8 que mostram as fotos de seis madeiras potenciais para arcos. Escala = 500 μ m.

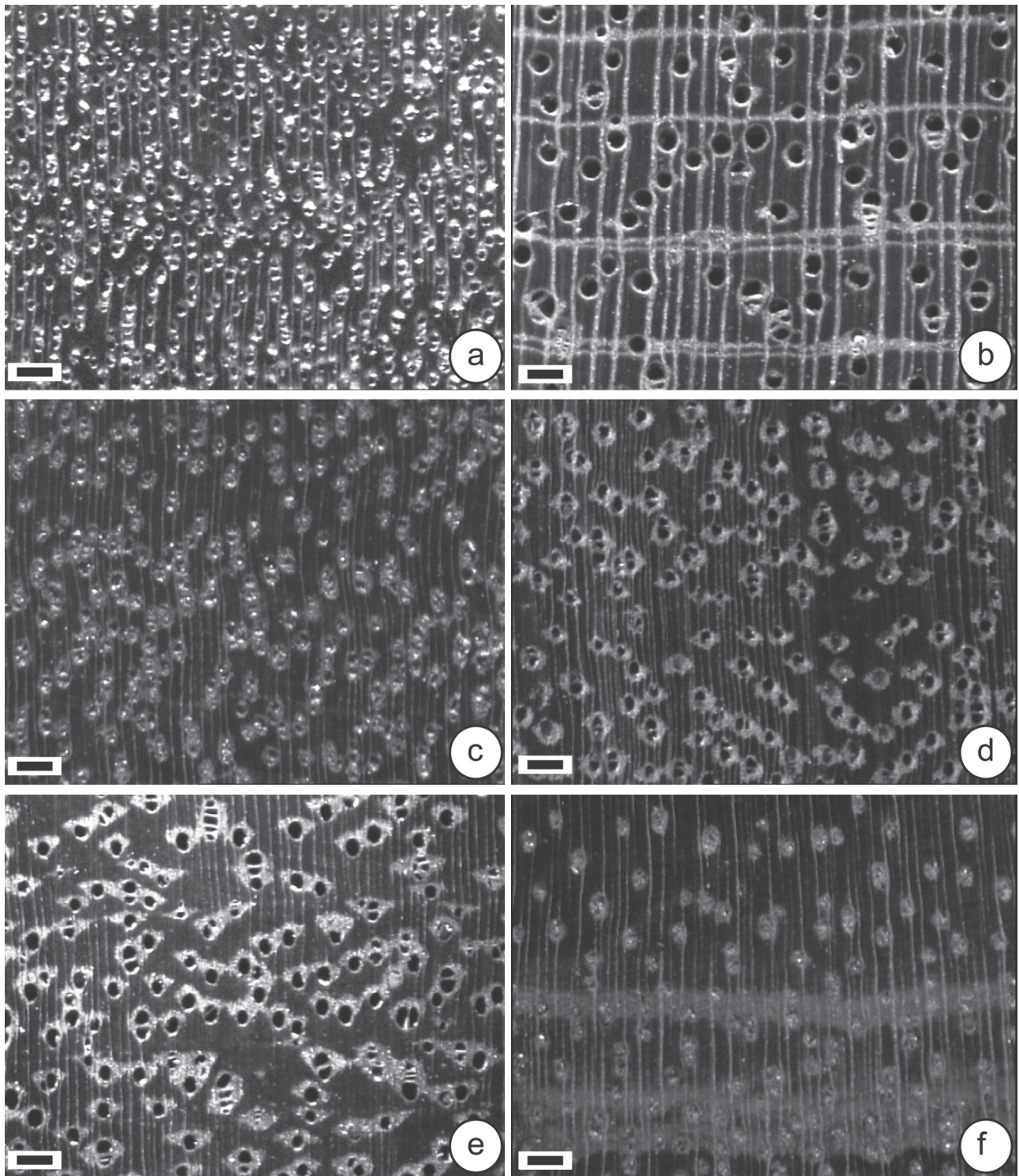


Figure 7. Transverse surface of six potential woods for bows. a. *Handroanthus* spp. b. *Hymenaea* spp. c. *Mezilaurus itauba*. d. *Dipteryx* spp. e. *Diplotropis* spp. f. *Astronium lecointei*. Observe the differences in vessel diameter, the greater abundance of axial parenchyma aliform (d, e) and the presence of axial parenchyma aliform and marginal parenchyma (b). Scale bar = 500 μ m.

Figura 7. Superfície transversal de seis madeiras potenciais para arcos. a. *Handroanthus* spp. b. *Hymenaea* spp. c. *Mezilaurus itauba*. d. *Dipteryx* spp. e. *Diplotropis* spp. f. *Astronium lecointei*. Observe a diferença no diâmetro dos vasos, abundância de parênquima axial aliforme (d, e) e presença de parênquima axial aliforme e parênquima marginal (b). Escala = 500 μ m.

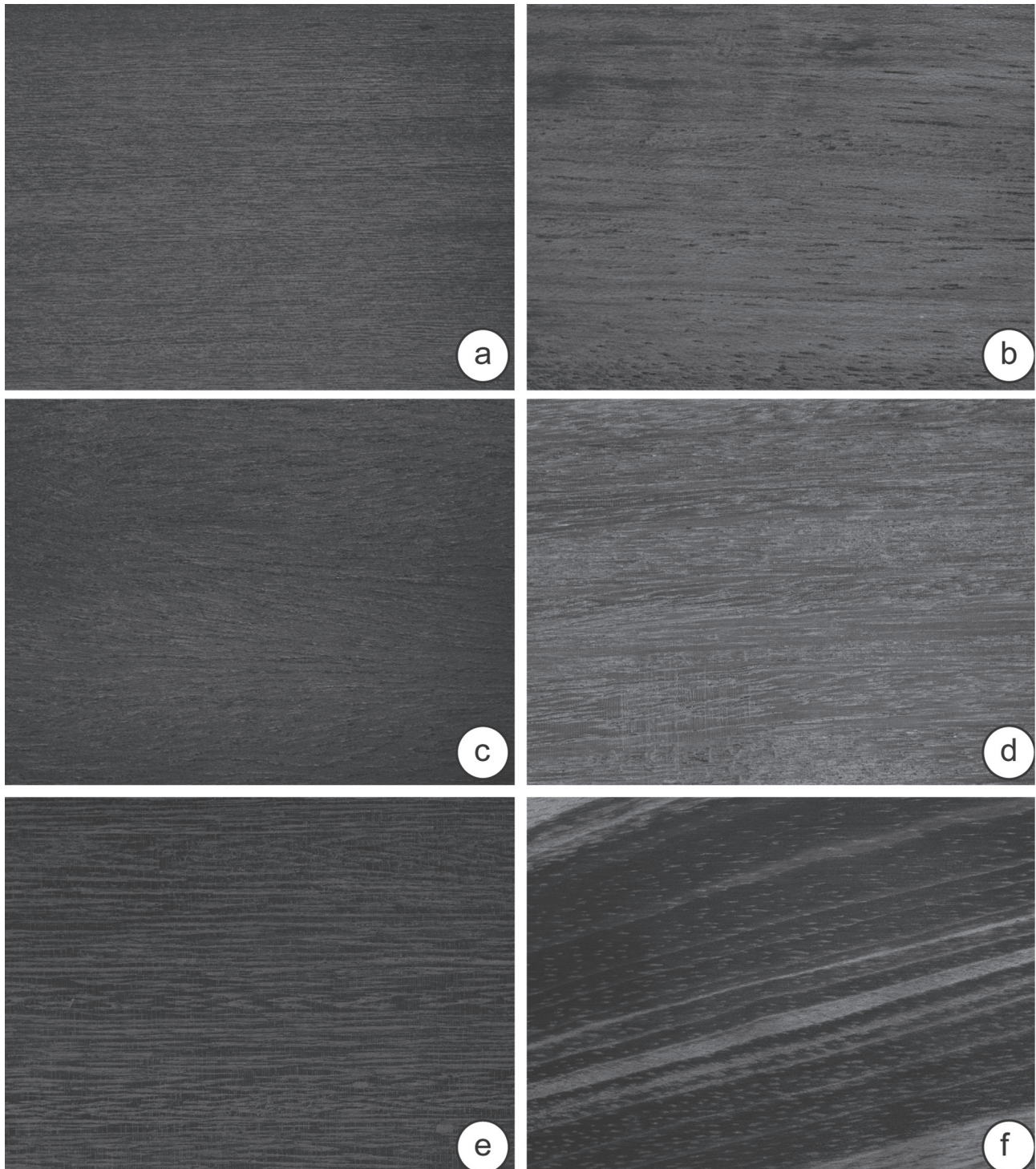


Figure 8. Tangential longitudinal surface of six potential woods for bows. Notice the different textures and quality of the sanded surface among the woods. a. *Handroanthus* spp. b. *Hymenaea* spp. c. *Mezilaurus itauba*. d. *Dipteryx* spp. e. *Diptotropis* spp. f. *Astronium lecointei*.

Figura 8. Superfície longitudinal tangencial de seis madeiras potenciais para arcos. Note a diferença na textura e qualidade da superfície lixada entre as madeiras. a. *Handroanthus* spp. b. *Hymenaea* spp. c. *Mezilaurus itauba*. d. *Dipteryx* spp. e. *Diptotropis* spp. f. *Astronium lecointei*.

3.3 Commercial availability

Based on the results of research in 30 wood stores in the São Paulo state, *M. itauba* was the most species observed, occurring in

60% stores. *Dipteryx* spp. was found in 46.6%, *Hymenaeae* spp. in 43.3% and *Handroanthus* spp. at 36.66%. The least common were *Diploptropis* spp. with 20% and *A. lecointei* with 13.3% (Figure 9).

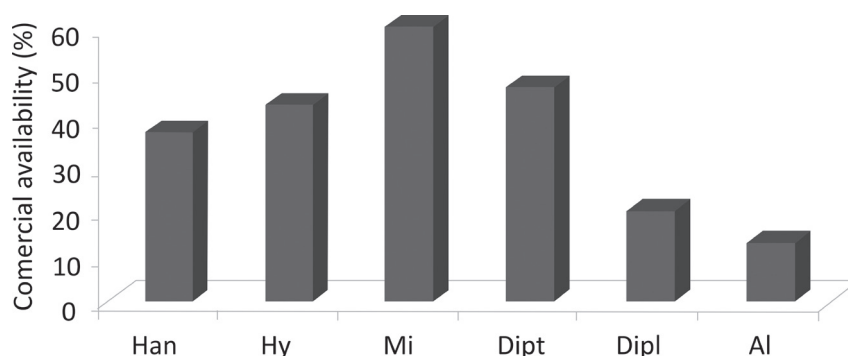


Figure 9. Commercial availability of the six potential woods for bows in 30 wood stores at São Paulo state.

Figura 9. Disponibilidade comercial de seis madeiras potenciais para arcos em 30 madeiras do Estado de São Paulo.

4 DISCUSSION

4.1 Organoleptic properties

The reddish color of the heartwood of *C. echinata* is appreciated by musicians, who associate the wood color with bow quality. Thus, bows of other colorations are evaluated with suspicion (Alves et al., 2008a, b).

Therefore, acceptance of other colors represents one of the difficulties facing the traditionalism of reddish wood for bows. In addition to its other properties, highly suitable for the manufacture of bows, the red color of the *C. echinata* wood is also a major attraction for bow makers and musicians. However, the proposed new colors with lighter shades and yellow represent a choice.

Among the studied species, the heartwood coloration of *Hymenaea* spp. is the closest to *C. echinata*, with shades of brownish red; *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. have yellowish heartwood, *A. lecointei* present shades of red and darker stripes, which give beauty to the wood; *M. itauba* are greenish yellow when freshly cut, darkening to greenish brown some time after the cut, *Diploptropis* spp. have brownish heartwood. Besides color, it was observed attenuated fibrous aspect in *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. and accentuated fibrous aspect in *Diploptropis* spp.

In previous studies Alves et al. (2008a) and Longui et al. (2010a, b) samples of *Handroanthus* spp. was evaluated and it was concluded that this wood provided good quality bows, as confirmed by professional musicians. Therefore, it is possible to use alternative woods if they have the proper quality.

Besides color, the smell of the wood is important for bows. In *C. echinata*, smell is indistinct, but present in *M. itauba*, *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp., the first ones have a pleasant smell, the other two have a smell that resembles the olive and the others have no smell. An unpleasant smell might restrict the use of wood for the bow, since it is handled near the face; however, none of the six potential woods has unpleasant smell.

4.2 Machining

4.2.1 Sawing

The difficulty level of sawing the wood is influenced by several factors: grain, wood uniformity, defects and knots, cellular composition, density, chemical constituents etc. The presence of interlocked grain and knots can explain the greater difficulty of *C. echinata*. Interlocked grain and defects in the wood make it difficult to cut, because it causes changes in the direction of the band saw, which requires constant alignment. According Kivimaa (1952) apud Lucas Filho (2004), the greater the fiber inclination, the harder is its cutting.

Matsunaga et al. (1996) found in *C. echinata* many knots and other defects such as distortion of the grain, causing low efficiency in obtaining quality sticks for bows. It was noted that from the cutting of the planks to the final dimensions of the sticks there is a loss of about 90%.

The easier cutting of *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp., in comparison with *C. echinata*, can be explained by the homogeneity of these woods and less quantity of defects than *C. echinata*. Moreover, according to Alves et al. (2008a), *C. echinata* has a higher percentage of fibers and vessels with smaller diameters than *Handroanthus* spp., increasing the difficulty of cutting, considering that the fibers promote increased resistance to cutting. Silva et al. (2005) found correlations between the dimensions of the fibers and the machining in *Eucalyptus grandis*. The authors reported that fibers with thicker walls have better results because they are not crushed nor cut only partially.

In the seven woods investigated in this study, there are significant differences in the thickness of the fibers (Longui et al., 2010a), however, all the wood have fibers with very thick walls (IAWA Committee, 1989), which favors the cutting quality.

Density is a property that may explain the lesser difficulty in cutting the wood of *M. itauba*, because its density was comparatively lower than *C. echinata* (Longui et al., 2010a). Néri et al. (2000) mentioned that the force required for cutting is positively correlated with wood density. Although Zenid (2009) mentions that the presence of silica in the wood of *M. itauba* might hinder its cut, this was not observed in this study.

4.2.2 Planing, sanding and finishing

The greater or lesser ease to obtain a good result in these three stages depends on many characteristics, such as grain, size and frequency of wood cells, knots, resin content, mineral abrasives etc.

C. echinata presented level five for planing which is explained by the presence of interlocked grain and knots. *Dipteryx* spp. and *Diplotropis* spp. have also irregular interlocked grain and this feature make the planing difficult (Brunelli et al., 1997), Zenid (2009). According to Gonçalves (2000), when a wood with interlocked grain is planed,

the woodchips can break by shearing, causing a defect known as chipped or torn surface. According to the author, the finished long pieces are very difficult, since many wood fibers have random orientation along the trunk.

Thus, the sticks for violin bows may present many deviations in their grain. Even in *C. echinata*, the reference wood for bows, there is a wide variation in the grain, with straight grain sticks (easier to plane) and others with interlocked grain.

According to Hoadley (2000), the rays represent areas of weakness in the wood, and difficulty in obtaining a smooth surface, because their orientation rarely coincides with the worked surface; therefore, woods with more frequent and higher rays have more difficulty in planing and sanding.

Brunelli et al. (1997) and Zenid (2009) reported that the wood of *Hymenaea* spp. is easy to plane. However, in the present study, this wood had difficulty level three, despite having a straight grain. This difficulty may be due to the large vessel diameter and ray dimensions (Longui et al., 2010a). Moreover, *Hymenaea* spp. presents paratracheal axial parenchyma aliform with confluences and axial parenchyma in marginal lines (Figure 7b), characteristics that may to hamper the planing and sanding. Besides the aesthetic aspect, variations in abundance of parenchyma, size and frequency of vessels make certain regions of the wood weaker, thus more susceptible to breakage.

The final aspect of the sticks is influenced not only by the vessel's size, larger in *Hymenaea* spp. and *Diplotropis* spp. The most abundant axial parenchyma in *Dipteryx* spp. and *Diplotropis* spp. (Figures 7d and 7e) was also important in planing and sanding. The parenchyma cells, being more fragile than fibers and vessels are fragmented or detached from the wood, just as the rays, making it difficult to smooth surfaces, which explains the difficulty (level four) established for these two woods.

The density also influences the planing, which is easier for denser woods (Kollmann and Côté, 1968; Lucas Filho, 2004). In this study, the woods have the similar density (Mainieri et al., 1983); so, it can be expected that the observed differences are due to variability of the anatomical structure. Comparing the six potential woods with *C. echinata* wood, it was observed that the former presented a combination of vessels, rays and fibers with larger dimensions,

and considering these anatomical features, the wood of *Handroanthus* spp. was the most similar to *C. echinata* (Figures 7a and 6a, respectively).

As mentioned previously, the anatomical features such as length and direction of the fibers, dimensions of vessels and rays directly influence the quality of planing and sanding and, consequently, the finishing. In *Hymenaea* spp. although the wood has large vessel diameter, the frequency of these cells was lower than *Dipteropsis* spp., with vessels of similar diameter (Figures 8b and 8e), providing a satisfactory finish to the *Hymenaea*. The sticks of *Dipteryx* spp. become weaker due to axial parenchyma and at *Dipteropsis* spp. due to the presence of large cells (Figures 8d and 8e). In *A. lecointei* there were no major difficulties during the finishing, although Slooten and Souza (1993) reported that the machining of *A. lecointei* is variable due to the darker stripes.

In addition to the orientation of the fibers, their length also influences the quality of finish, since longer fibers are more difficult to pull out when the wood is planed and to avoid the formation of holes or raised fibers (Silva et al., 2005).

Longui et al. (2010a, b) reported shorter fibers for *C. echinata* than those observed in the six potential woods. *Handroanthus* spp. and *A. lecointei* got close to this value. However, besides the length, the dimension of the contact surface between fibers in the longitudinal direction is also important. It was estimated that the larger contact area between the fibers decreases the occurrence of holes or raised fibers.

4.2.3 Bending

In this study, the sticks were heated with an alcohol lamp to soften the wood and provide the ideal curvature. According to Guimarães Júnior (2008), the softening of wood is due to physical changes in lignin and other substances that improve the conditions of rolling, especially in hardwoods. It is possible that the content of these substances in the wood influences in curvature.

Matsunaga and Minato (1998) have tested the curvature in *C. echinata* and also in three other woods – *Manilkara bidentata*, *Dialium* sp. and *Swartzia fistuloides*. The woods were bent between two steel plates at temperatures of 280 °C and then cooled. After two weeks, the curvature

was measured again: *C. echinata* showed the smallest curvature, with little difference from the three other woods analyzed, but it was the best in maintaining the curvature.

Matsunaga et al. (1996) and Matsunaga and Minato (1998) mentioned that the wood of *C. echinata* and *Swartzia fistuloides*, with a higher content of extractives than those of *Manilkara bidentata* and *Dialium* sp., showed similar softening, at a lower temperature. According to the authors, the results suggest that the extractive content influences the temperature at which the wood shows softening. Matsunaga et al. (1996) mentioned that when the woods were heated to 200 °C, a decrease in dynamic elasticity modulus occurred due to the softening of the extractives, which restrict the free movement of hydrogen bonds between cellulose in cell walls.

In this study, due to heating, there were breaks in some of the sticks, which is due to reactions occurring in the substances present in the walls (cellulose and lignin) and in the cells lumen (extractives); the sticks have changed their rigidity, especially in regions close to the heated areas, which may increase the chance of breakage. The pattern of breakage is different in the woods: in *C. echinata* the extent of the rupture is small and the stick breaks completely, whereas in *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. there is no total disruption. When these breaks occur, the stick can be repaired, however, the bow will have a lower price. The ruptures observed in *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. were less restrictive than those which occur in *C. echinata*.

4.3 Commercial Availability

Since the 18th century, *C. echinata* wood has been used worldwide in the manufacture of bows for string instruments (Retford, 1964). However, as stated by the IBAMA (Brazilian Environment Institute) Resolution #37-N, from April 1992, the species is endangered (Rocha and Simabukuro, 2008; Gasson et al., 2009), restricting its legal commercial use after the year 2007. Therefore, studies on alternative wood species or other materials became necessary to minimize the impact on *C. echinata* wood.

For other species to be accepted for bow manufacture, studies are needed to assess their anatomical, physical, mechanical, acoustical and chemical properties, besides carrying out manufacturing bows test, as we did in the present study.

Bows with potential woods should be offered to the musicians who will test theirs quality. In this study it was not proposed to replace the *C. echinata* wood, since it has been used for centuries with great success and has recently had its quality scientifically proven (Alves et al., 2008a; Longui et al., 2010a, b). The intention is to offer alternatives, if possible for soloists or for hobbyists and beginners, at cheaper prices when compared to the *C. echinata* bows.

However, for the selection of alternative woods, it must be considered that the commercial availability and provenance, i.e., trees must be removed sustainably from forests and present forestry source document. This procedure allows the exploitation of some woods for noblest applications, avoiding predatory exploitation and not repeating what happened with *C. echinata*.

In this study, it was visited a relatively small percentage of wood stores in the São Paulo state, but it was found that the six potential woods are relatively easy to find nowadays in the wood market, which enables its use in the bows manufacture.

5 CONCLUSIONS

5.1 Organoleptic Properties and Machining

Despite the traditionalism of the red tones in the woods for bows, woods with yellowish tones such as *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. or brownish such as *Diplotropis* spp. with appropriate properties, may offer alternative colors and textures to the musicians.

It was observed that the two woods that have easy machining (*M. itauba* and *A. lecointei*) have no potential suitability for bows. Among the four other potential woods, when considering the organoleptic properties associated with the machining, *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. present the greatest potential. *Diplotropis* spp. has the same difficulty level as *Dipteryx* spp., however *Handroanthus* spp. is better than *Diplotropis* spp.

Thus, it was concluded that the organoleptic properties and the machining should be considered together. Furthermore, analysis of potential woods must also be made based on physical and mechanical properties that result from the variations of size and frequency of wood cells.

5.2 Commercial Availability

Regarding to availability, the two promising woods *Handroanthus* spp. and *Dipteryx* spp. or the two woods with intermediate quality *Hymenaea* spp. and *Diplotropis* spp. are relatively easy to buy nowadays in the wood market, which enables their use in the manufacture of bows.

5.3 Potential for Bows

Handroanthus spp. and *Dipteryx* spp. show greater potential for making bows for professional musicians. Bows made of *Handroanthus* spp. have been commercialized and presented to the musicians. Recently, bows made of *Dipteryx* spp. were acquired by professional musicians, which ranked as good quality bows. *Diplotropis* spp. and *Hymenaea* spp. can provide an option for amateur or beginner musicians. The studied woods of *Mezilaurus itauba* and *Astronium lecointei* do not show good potential for bows. In practice, a wood will be suitable when the bow maker manufactures a bow with ideal density, stiffness and bending, and especially when the musician produces quality music with this bow.

REFERENCES

- ALVES, E.S.; LONGUI, E.L.; AMANO, E. Pernambuco wood (*Caesalpinia echinata*) used in the manufacture of bows for string instruments. **IAWA Journal**, v. 29, p. 323-335, 2008a.
- _____. et al. O arco: arte e ciência. In: RIBEIRO, R.C.L.F. et al. (Org.). **Pau-brasil, da semente à madeira: conhecer para conservar**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008b. p. 146-157.
- ANGYALOSSY, V.; AMANO, E.; ALVES, E.S. Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de corda: aspectos anatômicos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 819-834, 2005.

ARAÚJO, H.J.B. **Agrupamento das espécies madeiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do produto de colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**. 2002. 168 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRUNELLI, A.A.; LEAL, J.J.; LONGO, F.G. (Coord.). **Madeiras: material para o design**. São Paulo: SCTDE, 1997. 73 p.

BUENO, E. **Pau-brasil**. São Paulo: Axis Mundi, 2002. 280 p.

BURGUER, L.M.E.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

GASSON, P.; WARNER, K.; LEWIS, G. Wood anatomy of *Caesalpinia s.s.*, *Coulteria*, *Erythrostemon*, *Guilandina*, *Libidibia*, *Mezoneuron*, *Poincianella*, *Pomaria* and *Tara* (Leguminosae, Caesalpinoideae, Caesalpineae). **IAWA Journal**, v. 30, p. 247-276, 2009.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da madeira**. Bauru: Document Center Xerox – USC, 2000. 242 p.

GUIMARÃES JÚNIOR, J.B. **Painéis de madeira de eucalipto: estudo de caso de espécies e procedências**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

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

KIVIMAA, E. **Mita on punntyostoterien tylsyminen. English summary: What is the dulling of woodworking tools?** Helsinki: Technical Research Centre of Finland, 1952. 19 p. (Bulletin 106).

KOLLMANN, F.E.; CÔTÉ Jr., W.A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer, 1968. v. 1, 492 p.

LONGUI, E.L.; LOMBARDI, D.R.; ALVES, E.S. Potential Brazilian wood species for bows of string instruments. **Holzforschung**, v. 64, p. 511-520, 2010a.

LONGUI, E.L. et al. The potential of ipê (*Handroanthus* spp.) and maçaranduba (*Manilkara* spp.) woods in the manufacture of bows for string instruments. **IAWA Journal**, v. 31, p. 149-160, 2010b.

LUCAS FILHO, F.C. **Análise da usinagem da madeira visando à melhoria de processos em indústrias de móveis**. 2004. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989. 418 p. (Publicação IPT 1791).

_____.; _____.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: Promocet, 1983. 418 p.

MATSUNAGA, M.; MINATO, K. Physical and mechanical properties required for violin bow materials II: Comparison of the processing properties and durability between pernambuco and substitutable wood species. **Journal of Wood Science**, v. 44, p. 142-146, 1998.

_____. et al. Physical and mechanical properties required for violin bow materials. **Holzforschung**, v. 50, p. 511-517, 1996.

NÉRI, A.C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ, R.E. Forças de corte ortogonal 90-90 em três espécies de madeira de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 275-280, 2000.

RETFORD, W.C. **Bows and bow makers**. London: Strad, 1964. 86 p.

ROCHA, Y.T.; SIMABUKURO, E.A. Estratégias de conservação *in situ* e *ex situ* do pau-brasil. In: RIBEIRO, R.C.L.F. et al. (Org.). **Pau-brasil, da semente à madeira: conhecer para conservar**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. p. 102-113.

SILVA, J.R.M. et al. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 29, p. 479-487, 2005.

SLOOTEN, H.J. van der; SOUZA, M.R. **Avaliação das espécies madeireiras da Amazônia selecionadas para a manufatura de instrumentos musicais.** Manaus: INPA, 1993. 123 p.

WILLIAMS, R.S. Finishing wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY (Ed.). **Woodhandbook** – wood as an engineering material. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463 p. (Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113).

ZENID, G.J. **Madeira:** uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009. 99 p.

**DENSIDADE BÁSICA E DIMENSÕES CELULARES DA MADEIRA DE
Balfourodendron riedelianum EM FUNÇÃO DA PROCEDÊNCIA E POSIÇÃO RADIAL¹**

**BASIC DENSITY AND WOOD CELLS DIMENSIONS OF *Balfourodendron riedelianum*
DEPENDING ON THE PROVENANCE AND RADIAL POSITION**

Israel Luiz de LIMA^{2, 5}; Stella Maris MASTELIN³;
Eduardo Luiz LONGUI²; Miguel Luiz Menezes FREITAS²;
Diego ROMEIRO⁴; Antonio Carlos Scatena ZANATTO²;
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM²

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi estudar a variação radial da densidade básica e das dimensões celulares da madeira de procedências de *Balfourodendron riedelianum* plantadas em Luiz Antônio–SP. Mudanças de três procedências (Alvorada do Sul, Gália e Bauru) foram plantadas em Luiz Antônio–SP, utilizando-se seis repetições em delineamento experimental de blocos casualizados. Após 24 anos do plantio, abateram-se dezoito árvores, seis de cada procedência. De acordo com os resultados, pode-se concluir que a densidade básica, o diâmetro de vasos e a altura de raio foram influenciados pela procedência. Foi observada uma relação positiva entre comprimento das fibras, espessura da parede das fibras, comprimentos dos vasos, diâmetro dos vasos e frequência de vaso com a posição radial e uma relação negativa entre a largura e a frequência de raio com a posição radial.

Palavras-chave: conservação genética; anatomia da madeira; qualidade da madeira; variação medula-casca.

ABSTRACT – This study aimed to investigate the effect of provenances on some wood properties of *Balfourodendron riedelianum*. Seedlings of three provenances (Alvorada do Sul, Gália and Bauru) were planted in Luiz Antônio–SP using randomized block design with six replicates. After 24 years of planting, eighteen trees, six of each provenance, were cut. The results revealed that basic density, vessel diameter and ray height were influenced by the provenances. A positive relationship was found among fiber length, fiber wall thickness, vessel length, vessel diameter and vessel frequency with radial position and a negative relationship between width and ray frequency with the radial position.

Keywords: genetic conservation; anatomy of the wood; quality of wood; pith-bark variation.

¹Recebido para análise em 19.10.11 Aceito para publicação em 23.11.11. Publicado *online* em 29.12.11.

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

³Discente do curso de Engenharia Ambiental, Faculdades Oswaldo Cruz. Bolsista PIBIC/CNPq-IF. stella.mastelin@gmail.com

⁴Aluno de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente – Instituto de Botânica. diego.romeiro@gmail.com

⁵Autor para correspondência: Israel Luiz de Lima – israeluizde.lima@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Florestal do Estado de São Paulo vem promovendo a conservação *ex situ* de várias espécies florestais nativas ameaçadas e com potencial econômico desde a década de 1960, possuindo experimentos na forma de testes de procedências, testes de progênies, testes combinados procedências x progênies, populações base e pomares de sementes por mudas de diversas espécies (Lima et al., 2010a). Segundo Siqueira et al. (1999), esses plantios experimentais implantados e mantidos pelo Instituto Florestal além de fornecer informações sobre o comportamento silvicultural das espécies permitem a estimativa de parâmetros genéticos de características de interesse econômico, a seleção de material genético, a exploração da variabilidade e a conservação da base genética para usos futuros.

Dentre as espécies pesquisadas pelo Instituto Florestal cita-se *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler (Rutaceae). A espécie apresenta ampla distribuição geográfica e habita principalmente a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, onde ocupa o estrato superior e as florestas: Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária). Apresenta, comumente, altura de 15 a 25 m e DAP (diâmetro à altura do peito, de 1,30 m) de 30 a 50 cm, podendo atingir 35 m de altura e 100 cm de DAP. Seu tronco é reto e cilíndrico. No grupo sucessional, a espécie é classificada como secundária tardia. Apresenta fuste bem definido, após o corte podem ocorrer brotações a partir da cepa (Gartlant e Salazar, 1992; Carvalho, 2003). A madeira possui albúmeno com coloração branca ou levemente amarelada sem demarcação bem definida, enquanto o cerne é branco-palha-amarelado, escurecendo para amarelo-pálido-uniforme. De modo geral, essa madeira apresenta superfície lisa, medianamente lustrosa, textura fina e grã geralmente regular (Carvalho, 2003). De acordo com Mainieri e Chimelo (1989), a madeira é moderadamente pesada, com textura fina e baixa resistência ao apodrecimento e ao ataque de agentes xilófagos; a densidade específica varia entre 0,8 a 0,9 g.cm⁻³. Sua madeira é de excelente qualidade, sendo muito utilizada na construção civil e marcenaria, como móveis de luxo,

molduras, laminados decorativos, formas de sapatos, tacos, hélice de aeromodelismo, lambris e projetos de paisagismo (Lorenzi, 1992; Durigan et. al., 2002; Paula e Alves, 2007). A árvore também é usada para fins ornamentais e em reflorestamentos em matas ciliares.

O objetivo deste trabalho foi estudar as variações da densidade básica e das dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum*, em função de diferentes procedências e posições radiais ao longo do tronco da árvore.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em 1984, o Instituto Florestal de São Paulo implantou um banco de germoplasma de *B. riedelianum* na forma de teste de procedências na Estação Experimental de Luiz Antônio – SP, com o intuito de conservar “*ex situ*” algumas populações da espécie. A Estação Experimental de Luiz Antônio, SP, localiza-se na latitude de 21°40’S, longitude de 47°49’W e altitude de 550 m. A precipitação média anual é de 1.365 mm, o solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa e o clima é do tipo Cwa, segundo Ventura et al. (1965/66).

O delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições foi adotado, sendo que nas parcelas se alocaram as três procedências (Alvorada do Sul-PR, Gália-SP e Bauru-SP) no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m. Aos 24 anos foi realizado um inventário do experimento e a partir da distribuição diametral elegeu-se a classe média de DAP para o estudo (16,5 cm). Dentro de cada parcela uma árvore foi tomada, totalizando 18 árvores devidamente identificadas no campo. Um disco de 7 cm de espessura, na região do DAP de cada árvore, foi retirado. Amostras representativas das posições 0, 25, 50, 75 e 100% do raio da árvore foram destinadas à obtenção dos corpos de prova, de dimensões de aproximadamente 8 cm³ e com arestas de 2 cm, que foram retiradas de cada disco para o estudo da variação medula-casca (Figura 1).

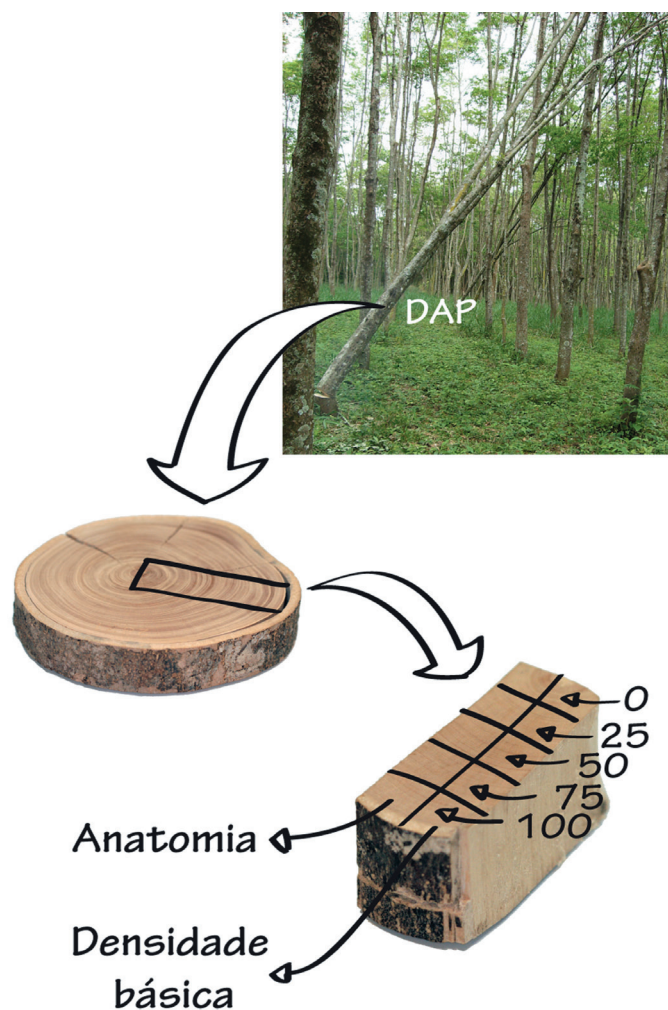


Figura 1. Árvore sendo cortada, posição de retirada dos discos nas árvores e dos corpos de prova para a caracterização da madeira.

Figure 1. Cutting the tree, sampling position of the disc in the trees and samples for wood characterization.

As variáveis estudadas foram densidade básica (DB), comprimento das fibras (CF), espessura da parede das fibras (EPF), comprimentos dos elementos de vaso (CV), diâmetro dos vasos (DV), frequência dos vasos (FV), altura de raio (AR), largura dos raios (LR) e frequência dos raios (FR).

Para a obtenção da densidade básica (DB), foi utilizado o método do máximo teor de umidade, conforme Foelkel et al. (1983). Os corpos de prova foram saturados em água por um período de aproximadamente um mês, possibilitando a obtenção da massa saturada. Posteriormente, os corpos de prova foram secos em estufa até atingirem a massa seca constante a $105 \pm 3^\circ\text{C}$.

Para a análise das dimensões das fibras e dos elementos de vasos foram retirados pequenos fragmentos de cada corpo de prova, que foram dissociados segundo o método de Johansen (1940). Por meio do preparo de lâminas provisórias foi possível mensurar as dimensões das fibras e dos elementos de vasos, segundo a terminologia recomendada pela Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT (1974) e IAWA Committee (1989), e as seções histológicas foram obtidas de corpos de prova (8 cm^3), sendo que os mesmos foram amolecidos por meio de cozimento em água e glicerina (4:1) para a realização dos cortes. Seções entre 20 e 30 μm , nos planos transversal e longitudinal tangencial, foram obtidas com auxílio de micrótomo de deslize marca Leitz 1208. As seções foram clarificadas com hipoclorito de sódio (60%), lavadas em água, coradas com safranina e azul de astra a 1% (9:1) (Johansen, 1940) e montadas em solução de água com glicerina. Para a medição de todas as variáveis foram efetuadas 25 repetições ($n = 25$).

As dimensões dos elementos anatômicos foram obtidas com auxílio de equipamento de análise de imagens: microscópio trinocular com câmera e monitor de vídeo e computador com software de análise de imagem “Image Pro-plus”.

As hipóteses testadas foram: a) a densidade básica e as dimensões celulares da madeira, de diferentes procedências de *Balfourodendron riedelianum*, avaliadas aos 24 anos, não diferem entre si; b) não existem variações na densidade básica e nas dimensões celulares ao longo do raio das toras de *Balfourodendron riedelianum*.

Para a análise estatística dos dados, inicialmente testou-se a homogeneidade de variância utilizando-se o teste de Hartley. Posteriormente, foi feito o teste F de análise de variância obedecendo-se ao delineamento experimental em blocos casualizados, adotando-se o esquema fatorial 3×5 (procedências $\times$ posição radial) para estudo das propriedades. Utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias quando o teste F foi significativo a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, verifica-se que somente a densidade básica, o diâmetro de vaso e a altura de raio diferiram significativamente entre as procedências (Tabela 1), enquanto o comprimento das fibras, a espessura da parede das fibras, o comprimento dos elementos de vaso, a frequência dos vasos, a largura dos raios e a frequência dos raios não diferiram significativamente entre as procedências.

O valor da densidade básica ($0,65\text{ g.cm}^{-3}$) mostrou-se inferior àquele encontrado por Jankowsky et al. (1990) que foi de 0,69 a $0,73\text{ g.cm}^{-3}$. Del Menezzi et al. (2010) obtiveram valor de massa específica de $0,85\text{ g.cm}^{-3}$. Verificou-se, também, que a procedência Alvorada do Sul apresentou a maior densidade e diferiu significativamente de Bauru, que mostrou menor densidade básica (Tabela 2). Isso pode ser explicado pela diferença de crescimento entre as procedências, o que foi constatado por Sebbenn et al. (2007) que observaram, para esse mesmo experimento, que a procedência Alvorada do Sul apresentou um crescimento inferior em relação à procedência Bauru. De maneira geral, menores taxas de crescimento estão relacionadas a madeiras mais densas. De acordo com Harris (1981), o crescimento mais rápido da população, tanto em coníferas quanto em folhosas, pode ocasionar fibras mais curtas e menores densidade e valores de resistência mecânica da madeira. Resultado semelhante foi encontrado por Longui et al. (2011) que verificaram diferenças significativas nas propriedades da madeira de três procedências de *Gallesia integrifolia*. No presente estudo, apesar de fibras mais curtas serem detectadas na procedência Bauru e fibras mais longas em Alvorada do Sul, esta diferença não foi estatisticamente significativa entre as procedências. A média obtida do comprimento de fibra foi de 1272 μm , superando os valores encontrados por Sousa e Guedes (1987) para *B. riedelianum* (Tabelas 1 e 2). A espessura da parede das fibras não diferiu significativamente entre as procedências (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para densidade básica (DB), comprimento das fibras (CF), espessura da parede das fibras (EPF), comprimento dos elementos de vaso (CV), diâmetro dos vasos (DV), frequência dos vasos (FV), altura de raio (AR), largura dos raios (LR) e frequência dos raios (FR) de *Balfourodendron riedelianum*, aos 24 anos de idade.

Table 1. Summary of variance analysis for basic density (DB), fiber length (CF), fiber wall thickness (EPF), vessel element length (CV), vessel diameter (DV), vessel frequency (FV), ray height (AR), ray width (LR) and ray frequency (FR) of 24-year old *Balfourodendron riedelianum*.

Causa de variação	GL	Quadrado médio								
		DB (g.cm ⁻³)	CF (µm)	EPF (µm)	CV (µm)	DV (µm)	FV (µm)	AR (n°mm ⁻²)	LR (µm)	FR (n°mm ⁻¹)
Bloco	5	0,0094	28263	3,38	7650	93,67	94,05	2934	121	0,47
Procedência (P)	2	0,0067*	18531 n.s.	0,14 n.s.	76 n.s.	156,80**	86,09 n.s.	4033**	48,67 n.s.	0,82 n.s.
Posição radial (R)	4	0,0145**	31179**	2,95**	4512 n.s.	1256**	207,07**	2128**	92,95 n.s.	5,18**
P x R	8	0,0017 n.s.	18781 n.s.	0,23 n.s.	864 n.s.	11,94 n.s.	30,20 n.s.	394	20,98 n.s.	0,12 n.s.
Resíduo	70	0,0022	26152	0,28	2531	32,06	38,68	669	42,15	0,31
Média		0,65	1272	4,77	279	60,05	42,16	233	29,96	6,40
DP		0,0571	195	0,75	51,98	9,56	7,04	30,21	6,86	0,73
CV _e (%)		7,33	12,70	11,11	17,26	9,42	14,75	11,08	21,66	8,74

Onde: ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; n.s. = não significativo; DP = desvio-padrão e CV_e = coeficiente de variação experimental.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e teste de comparação múltipla (Tukey) para densidade básica e elementos anatômicos de *Balfourodendron riedelianum*, aos 24 anos de idade.Table 2. Summary of the variance analysis and multiple comparison test (Tukey) for basic density and cellular dimensions of 24 year-old *Balfourodendron riedelianum*.

Variável	Procedência	Média	Tukey 5%	DP
Densidade básica (g.cm ⁻³)	Alvorada do Sul-PR	0,66	a	0,06
	Gália-SP	0,64	ab	0,05
	Bauru-SP	0,63	b	0,04
Comprimento das fibras (µm)	Alvorada do Sul-PR	1261	a	190
	Gália-SP	1250	a	162
	Bauru-SP	1299	a	231
Espessura da parede das fibras (µm)	Alvorada do Sul-PR	4,6	a	0,74
	Gália-SP	4,8	a	0,76
	Bauru-SP	4,8	a	0,77
Comprimento dos elementos de vaso (µm)	Alvorada do Sul-PR	281	a	47
	Gália-SP	278	a	59
	Bauru-SP	278	a	49
Diâmetro dos vasos (µm)	Alvorada do Sul-PR	57	b	7,37
	Gália-SP	60	ab	8,23
	Bauru-SP	62	a	4,92
Frequência dos vasos (nºmm ⁻²)	Alvorada do Sul-PR	40	a	9,30
	Gália-SP	44	a	10,33
	Bauru-SP	41	a	8,75
Altura de raio (µm)	Alvorada do Sul-PR	221	b	26
	Gália-SP	244	a	35
	Bauru-SP	234	ab	23
Largura dos raios (µm)	Alvorada do Sul-PR	29	a	29
	Gália-SP	31	a	31
	Bauru-SP	28	a	28
Frequência dos raios (nºmm ⁻¹)	Alvorada do Sul-PR	6,5	a	0,86
	Gália-SP	6,2	a	0,66
	Bauru-SP	6,3	a	0,63

Obs.: DP = desvios-padrão; médias seguidas de letras diferentes em uma mesma coluna diferem entre si (ao nível de 5% de significância).

O comprimento dos elementos de vasos não variou entre as procedências e o valor médio foi inferior àquele encontrado por Souza e Guedes (1987) para *B. riedelianum*, que obtiveram como média da ordem de 433 μm de comprimento (Tabelas 1 e 2).

O diâmetro de vaso da procedência Bauru apresentou os maiores valores, diferenciando significativamente da procedência Alvorada do Sul, que apresentou os menores valores. Isso pode ser explicado pelo maior crescimento em volume da madeira da procedência Bauru verificado por Sebbenn et al. (2007) para essa mesma população, ou seja, maior crescimento em volume de madeira implica em maior diâmetro de vaso. Segundo Roque et al. (2007), entre elementos anatômicos, os vasos mostram maior adaptação às variações climáticas. Rocha et al. (2004) também verificaram em uma população de *Eucalyptus grandis* que árvores dominantes da população apresentaram maiores diâmetros de vaso. Tal fato nos leva a inferir que o crescimento volumétrico populacional está diretamente relacionado com o diâmetro de elemento de vaso. Porém, para Malan e Hoon (1992), a maioria das dimensões dos elementos celulares das madeiras são pouco influenciadas pela taxa de crescimento populacional.

Para a altura de raio foi verificado que a procedência Gália (valor mais elevado) diferiu da procedência Alvorada do Sul (menor valor), mas para as variáveis largura e frequência dos raios isto não ocorreu (Tabelas 1 e 2).

Para a posição radial ocorreram diferenças significativas para densidade básica, comprimento das fibras, espessura da parede das fibras, diâmetro e frequência dos vasos (Figura 2),

largura dos raios e frequência dos raios, mas para o comprimento dos elementos de vaso e largura dos raios não ocorreram diferenças significativas (Tabela 1). Também pode-se verificar que não ocorreu interação significativa entre procedências e posição radial, demonstrando não existir dependência entre estes fatores analisados (Tabela 1).

No estudo da variação radial, para explicar melhor os resultados, também foi feito um estudo de regressão para detalhar as tendências observadas (Figuras 2, 3 e 4). O valor da densidade básica obtido na posição radial 75% foi o mais elevado e na posição 0% o menos elevado, e ainda se verifica que ocorreu tendência de aumento da densidade no sentido medula-casca (Figura 2a). Porém, o modelo de regressão linear testado não foi significativo para explicar a tendência observada. Para Serpa et al. (2003) e Ballarin e Palma (2003), essa tendência de aumento da densidade específica da madeira, no sentido medula-casca, se deve à formação de madeira juvenil nos primeiros anos e tendência de homogeneização da madeira, com o passar do tempo.

A altura dos raios, apesar de poder ser estimada pela equação obtida (Figura 5a), não apresentou tendência muito acentuada de aumentar o crescimento no sentido medula-casca, mesma tendência verificada por Poubel et al. (2011) para uma população de *Eucalyptus pellita*. A largura e frequência dos raios tendem a diminuir no sentido medula-casca (Figura 5b e 5c), semelhante aos resultados obtidos por Urbinati et al. (2003) e Lima et al. (2011), respectivamente com as espécies *Terminalia ivorensis* e *Cariniana legalis*.

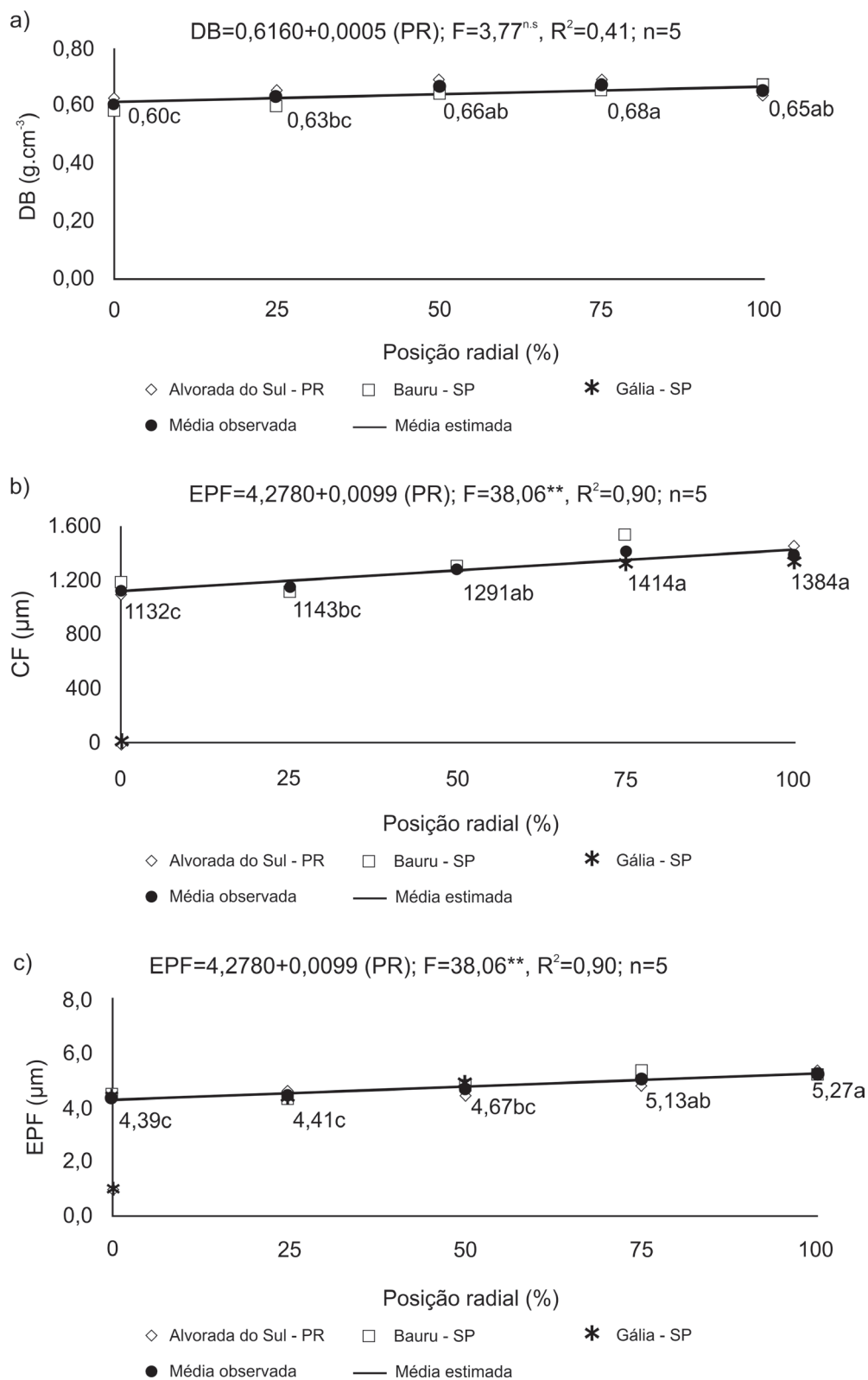


Figura 2. Relações entre posição radial (PR) e densidade básica (DB) [a], comprimento das fibras (CF) [b] e espessura da parede das fibras (EPF) [c] para *Balfourodendron riedelianum*, aos 24 anos de idade.

Figure 2. Relations among radial positions (PR) and basic density (DB) [a], fiber length (CF) [b] and fiber wall thickness (EPF) [c] of 24 year-old *Balfourodendron riedelianum*.

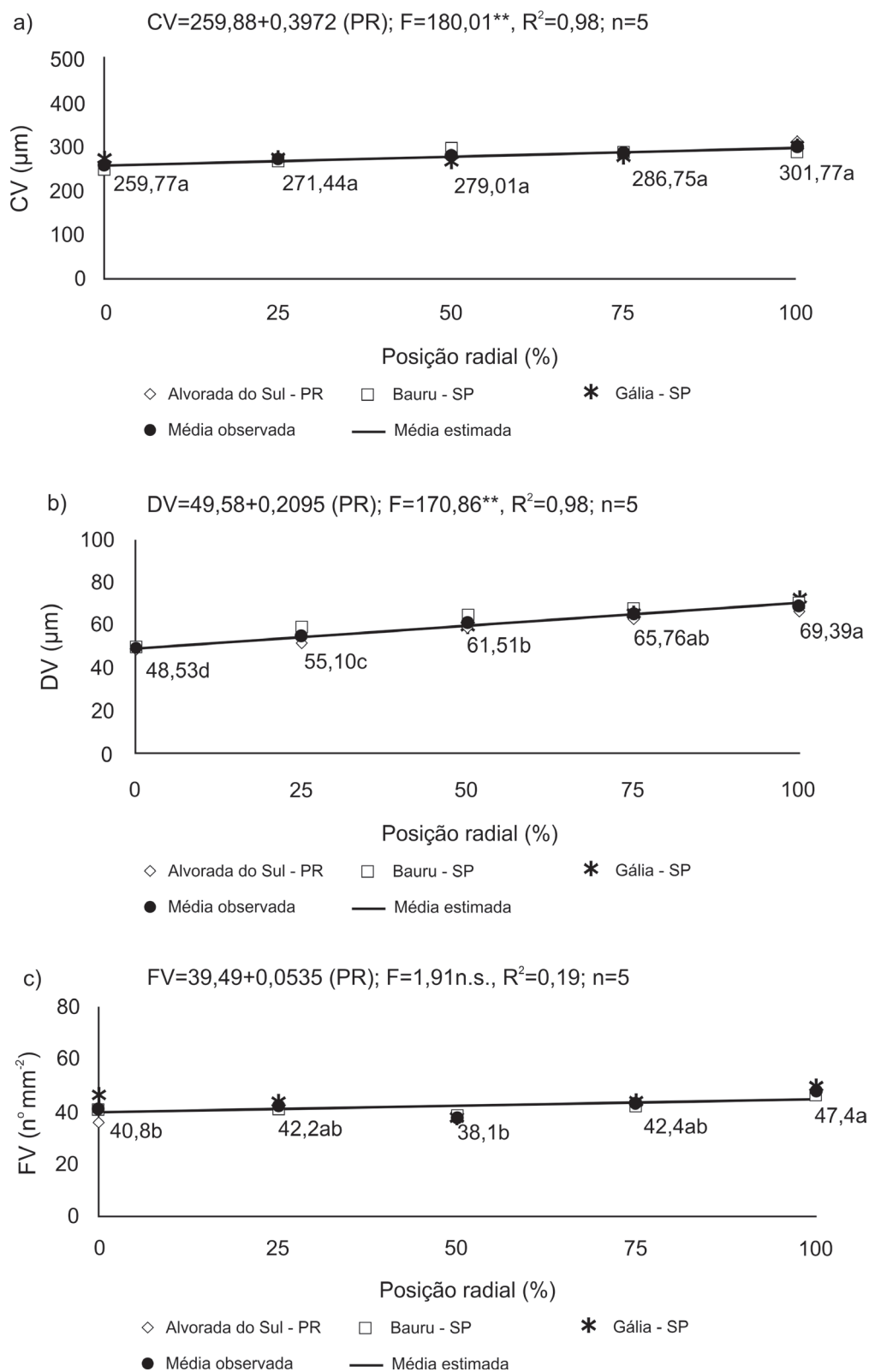


Figura 3. Relações entre posição radial (PR) e comprimento de vaso (CV) [a], diâmetro de vaso (DV) [b] e frequência de vaso (FV) [c] para *Balfourodendron riedelianum*, aos 24 anos de idade.

Figure 3. Relations among radial positions (PR) and vessel length (CV) [a], vessel diameter (DV) [b] and vessel frequency (FV) [c] of 24 year-old *Balfourodendron riedelianum*.

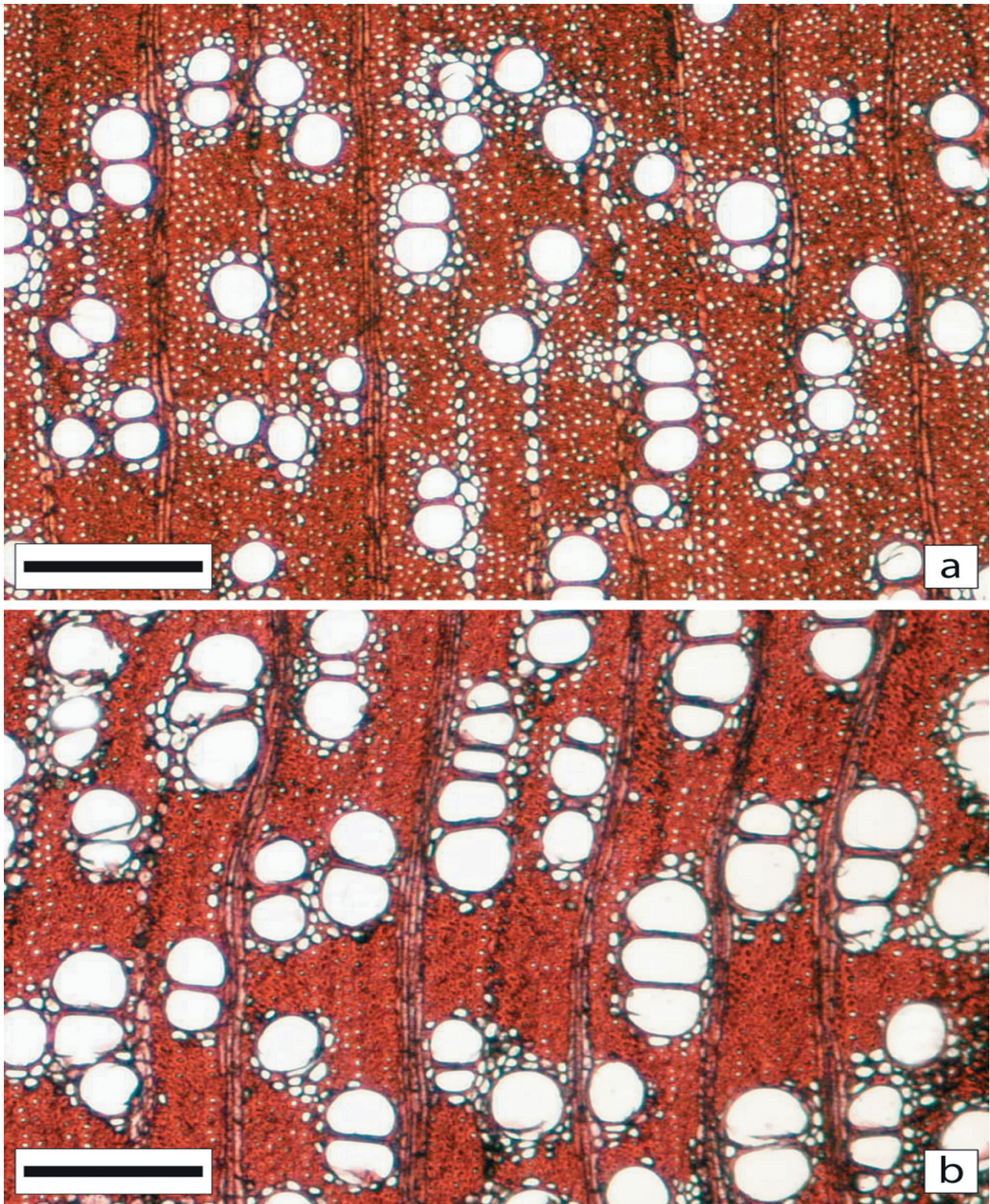


Figura 4. Seções transversais da região da medula [a] e região da casca [b]. Notar vasos com maior diâmetro e mais frequentes na região da casca. Barra de escala = 200 μm.

Figure 4. Pith transverse sections [a] and bark transverse sections [b]. Note vessels with larger diameter and more frequent in the bark region. Scale bar = 200 μm.

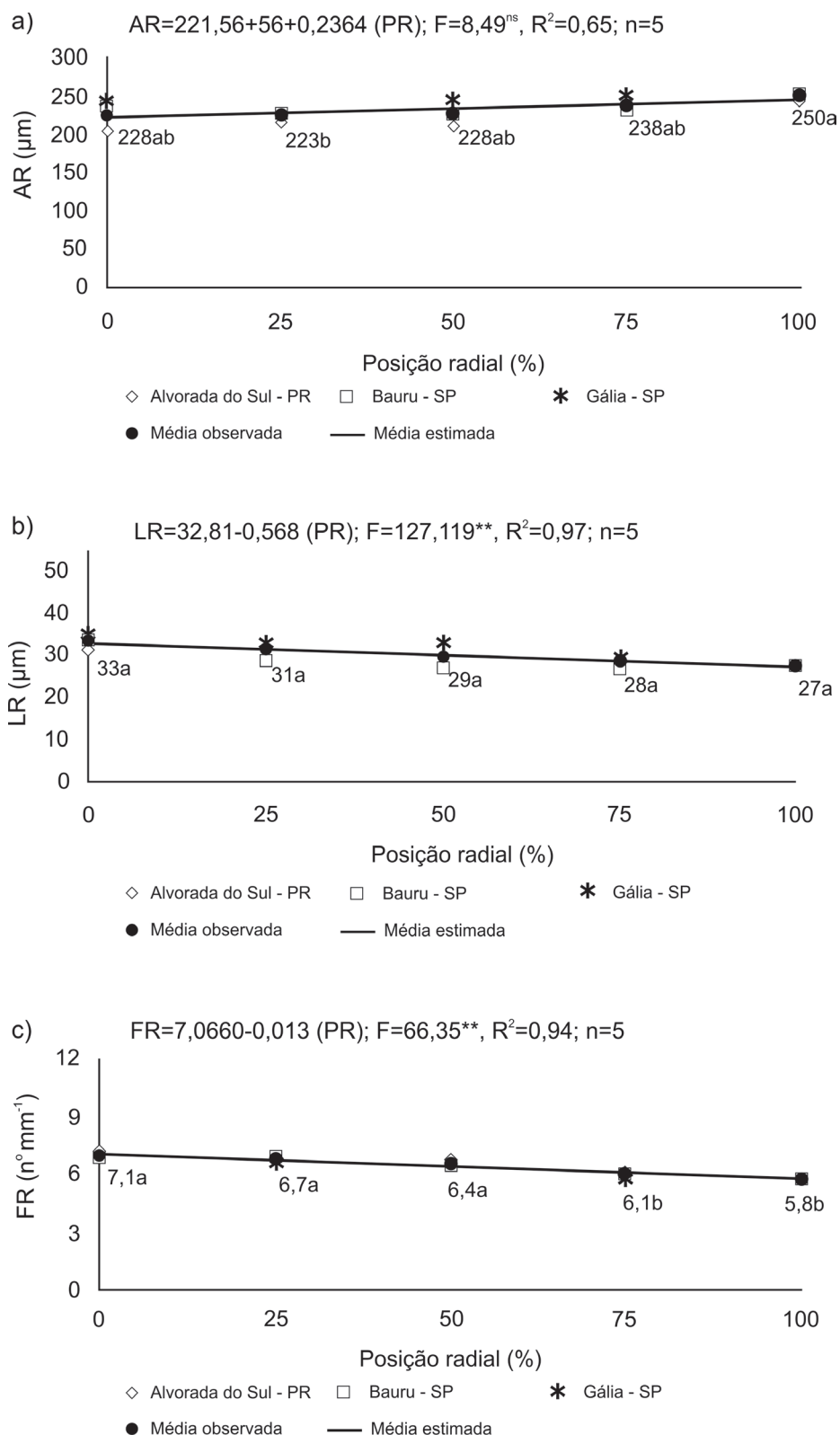


Figura 5. Relações entre posição radial (PR) e altura de raio (AR) [a], largura de raio (LR) [b] e frequência de raio (FR) [c] para *Balfourodendron riedelianum*, aos 24 anos de idade.

Figure 5. Relations among radial positions (PR) and ray height (AR) [a], ray width (LR) [b] and ray frequency (FR) [c] of 24 year-old *Balfourodendron riedelianum*.

4 CONCLUSÕES

Em termos de seleção de matrizes para posterior uso da madeira, embora a diferença da densidade da madeira tenha sido pequena entre as três procedências, aquelas das procedências Alvorada do Sul e Gália podem fornecer madeiras mais densas e que possivelmente apresentem maiores valores em propriedades mecânicas. Os maiores diâmetros de vaso na procedência Gália e raios mais altos em Gália e Bauru, o primeiro devido ao lume (espaço vazio) e o segundo devido a paredes celulares mais finas (parênquima), devem ter contribuído para a diferença encontrada na densidade entre as procedências.

Quando se considera a variação radial, a densidade estabilizou a partir da posição 50% do raio até a casca, o mesmo resultado foi observado para o comprimento das fibras, que é um bom indicativo para separação do lenho juvenil do lenho adulto. Como o DAP médio das árvores foi de 16,5 cm, o resultado supracitado pode indicar que a partir dos 8 cm de diâmetro as árvores apresentam lenho mais homogêneo e possivelmente maior uniformidade quanto ao aproveitamento da madeira.

As demais células apresentaram um comportamento muito parecido com as demais nativas, com exceção da frequência de vasos que aumentou na direção da casca, mostrando que possivelmente esta espécie possui um padrão diferente das demais nativas.

A densidade básica, o diâmetro de vaso e a altura de raio foram influenciadas pelas procedências, enquanto o comprimento de fibra, a espessura da parede da fibra, o comprimento de elemento de vaso, a frequência dos vasos, a largura dos raios e a frequência dos raios não foram influenciados significativamente pelas procedências. A hipótese inicial de as diferentes procedências de *Balfourodendron riedelianum*, avaliadas aos 24 anos, não diferirem entre si, foi parcialmente aceita.

A densidade básica, o comprimento da fibra, a espessura da parede da fibra, o diâmetro de vaso, a frequência de vaso, a largura de raio e a altura de raio são influenciados significativamente pela posição radial contrariamente ao comprimento de vaso e à frequência de raio.

A hipótese de não existir variações na densidade básica e nas dimensões celulares ao longo do raio das toras de *Balfourodendron riedelianum* não foi aceita, pois a maioria das propriedades avaliadas apresenta variações ao longo do raio da tora.

O comprimento da fibra, a espessura da parede da fibra, o comprimento de vaso, o diâmetro de vaso e a frequência de vaso apresentam tendência de aumentar no sentido medula-casca e mostram uma relação positiva com a distância da medula. A largura e a altura de raio apresentam tendência de diminuir no sentido medula-casca e mostra uma relação negativa no sentido medula-casca.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Oficial de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica Sonia R. G. Campião (IF) e ao Técnico de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica Francisco Bianco (IF) pelo auxílio na coleta do material e laboratorial, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida à segunda autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAAS, P. et al. Evolution of xylem physiology. In: POOLE, I.; HEMSLEY, A. (Ed.). **Evolution of plant physiology**. London: Elsevier Academic Press, 2004. p. 273-295. (Linnean Society Symposium Series).
- BALLARINI, A.W.; PALMA, H.A.L. Propriedades de resistência de madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Rev. Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Floresta, 2003. v. 2, 627 p.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **Madeiras, descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira; angiospermas, dicotiledôneas**. Rio de Janeiro, 1974. 15 p.

- DEL MENEZZI, C.H.S.; SILVEIRA, R.R.; SOUZA, M.R. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 325-332, 2010.
- DÜNISCH, O.; REISSMANN, C.B.; OLISZESKI, A.V. Variability of vessel characteristics in xylem of *Ilex paraguariensis* (mate-tree) from south Brazil. **IAWA Journal**, v. 25, n. 4, p. 449-458, 2004.
- DURIGAN, G. et al. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 65 p.
- FLORSHEIM, S.M.B. et al. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Rev. Inst. Flor.**, v. 21, n. 1, p. 79-91, 2009.
- FOELKEL, C.E.B.; MILANZES, A.F.; BUSNARDO, C.A. Métodos do máximo teor de umidade aplicado à determinação de densidade básica da madeira de eucalipto. **Silvicultura**, v. 8, n. 2, p. 792-796, 1983.
- GARTLAND, H.M.; SALAZAR, W. Descripción y clave de reconocimiento de las principales especies forestales de Misiones al estado de renuevo. **Vyryaretá**, v. 3, n. 3, p. 117-129, 1992.
- HARRIS, J.M. Effect of rapid growth on wood processing. In: WORLD CONGRESS, 17., 1981, Japan. **Proceedings...** Japan: IUFRO, 1981. p. 117-125.
- IAWA COMMITTEE. List of microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.
- ISHIGURI, F. et al. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. **IAWA Journal**, v. 30, n. 3, p. 343-351, 2009.
- JANKOWSKY, I.P. et al. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v. 1, 171 p.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechniques**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.
- LIMA, I.L. et al. Efeito da procedência em algumas propriedades da madeira de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Rev. Inst. Flor.**, v. 22, n. 1, p. 61-69, 2010.
- _____. et al. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares de *Croton floribundus*. **Floresta**, v. 40, p. 663-670, 2010.
- _____. et al. Variação da densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze em função da procedência. **Cerne**, v. 17, p. 70-81, 2011.
- LONGUI, E.L.; LIMA, I.L.; FLORSHEIM, S.M.B. Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Rev. Inst. Flor.**, v. 21, n. 2, p. 181-190, 2009.
- _____. et al. Seed provenance influences the wood structure of *Gallesia integrifolia*. **IAWA Journal**, v. 32, p. 361-374, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 418 p.
- MALAN, F.S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, v. 163, p. 13-20, 1992.
- PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. **Madeiras nativas**. Brasília, DF: MOA, 2007. 541 p.
- POUBEL, D.S. et al. Estrutura anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 117-126, 2011.
- ROCHA, F.T.; FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden aos sete anos. **Rev. Inst. Flor.**, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROQUE, R.M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C.T. Wood anatomical variation of *Gmelina arborea* trees, Verbenaceae, from dry and wet climate in Costa Rica. **Scientia Forestalis**, v. 75, p. 65-75, 2007.

SEBBENN, A.M. et al. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Rev. Inst. Flor.**, v. 19, n. 2, p. 101-112, 2007.

SERPA, P.N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 723-33, 2003.

SIQUEIRA, A.C.F.M. et al. Distribuição da variação genética entre e dentro de populações de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler para a conservação *ex situ*. **Rev. Inst. Flor.**, v. 12, n. 2, p. 89-103, 2000.

SOUSA, J.P.; GUEDES, M.L.S. Anatomia da madeira de *Balfourodendron riedelianum*, Mocambo. **Sitientibus**, v. 4, n. 7, p. 23-28, 1987.

URBINATI, C.V. et al. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta bot. bras.**, v. 17, n. 3, p. 421-437, 2003.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M.A.M. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, v. 4, p. 57-140, 1965/1966.

**ESTRUTURA DO COMPONENTE ARBÓREO SOB PLANTAÇÃO DE *Pinus elliottii* Engelm.
NO PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA, NÚCLEO CABUÇU, GUARULHOS, SP, BRASIL¹**

**STRUCTURE OF THE TREE COMPONENT OF UNDERSTORY *Pinus elliottii* Engelm.
IN CANTAREIRA STATE PARK, NÚCLEO CABUÇU, GUARULHOS, SP, BRAZIL**

Rodolfo Koiti KATAHIRA^{2,3};
Maria Margarida da Rocha Fiúza de MELO²

RESUMO – O Núcleo Cabuçu (23°24'06"S e 46°31'56"W) encontra-se no município de Guarulhos, sendo o maior dos quatro núcleos do Parque Estadual da Cantareira – PEC. O presente estudo teve os seguintes objetivos: realizar o estudo da composição florística e estrutural do componente arbóreo da vegetação de sub-bosque da área reflorestada com *Pinus elliottii* Engelm.; identificar as espécies nativas que poderão ser empregadas na reabilitação, enriquecimento e recomposição da vegetação ripária da represa Cabuçu; colaborar com as ações de recuperação de áreas degradadas na bacia do Cabuçu e das áreas reflorestadas. Foram instaladas dez parcelas retangulares disjuntas de 2 m x 50 m, ao longo da margem da represa Cabuçu, na parte central da faixa de plantio de *P. elliottii*, sendo amostrados todos os indivíduos arbóreos vivos ou mortos em pé com perímetro do caule a 1,30 m de altura do solo (PAP) igual ou superior a 8 cm. Amostraram-se 218 indivíduos, sendo 210 vivos e oito árvores mortas em pé, pertencentes a 58 espécies, 41 gêneros e 26 famílias. O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') calculado foi 3,519 nats ind⁻¹ e o de equabilidade (J') foi 0,863. As espécies com maiores valores de importância pertencem a categorias iniciais de sucessão, apresentando baixa média diamétrica e de altura. A vegetação de sub-bosque da área reflorestada apresentou uma riqueza expressiva de espécies, caracterizada principalmente por espécies das categorias iniciais de sucessão. Dada a ausência de regenerantes e a morte precoce dos indivíduos jovens de *P. elliottii*, a partir dos dados coletados e da análise realizada, pode-se afirmar que a população não está em expansão e, possivelmente, esteja em declínio.

Palavras-chave: fitossociologia; regeneração; *Pinus elliottii* Engelm.

ABSTRACT – Cabuçu Core (23°24'06"S e 46°31'56"W) is located in Guarulhos municipality. It is the largest of four cores in Cantareira State Park. This study had the following objectives: study the floristic and structural composition of a tree component of understory vegetation in a reforested area with *Pinus elliottii* Engelm.; identify native species which may be employed in rehabilitation, enrichment and restatement of riparian vegetation in Cabuçu dam; collaborate with recovery actions of slums in the Cabuçu basin and sub-region's basins, and reforested areas with. Ten rectangular plots of 2 m x 50 m were installed along Cabuçu dam bank, in the central part of the planting range of *P. elliottii*, being sampled all tree individuals living or dead in foot with perimeter from stalk to 1.30 m height of soil (PAP) equal or bigger than 8 cm. There were 218 samples of living individuals, 210 alive and eight standing trees dead belonged to 58 species, 41 genders and 26 families.

¹Recebido para análise em 12.05.10. Aceito para publicação em 23.11.11. Publicado *online* em 29.12.11.

²Instituto de Botânica de São Paulo, Curadoria do Herbário, Av. Miguel Stéfano, 3687, 04301-902, Água Funda, São Paulo, SP, Brasil.

³Autor para correspondência: Rodolfo Koiti Katahira – rkkbiologo@yahoo.com.br

The Shannon-Wiener (h') calculated was 3.519 nats ind⁻¹, and the equability (J') was 0.863. Species with VI belong to the initial categories of succession, with low average height. The understory vegetation in a reforested area presented impressive species richness characterized mainly by species from the initial category of succession. Due to the absence of regenerating properties and early death of young individuals of *P. elliottii* and from data collected and analysis, we can say that the population is not expanding and possibly it is in decline.

Keywords: phytosociology; regeneration; *Pinus elliottii* Engelm.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios para a humanidade é lidar com a chamada crise ambiental, principalmente com os problemas relacionados ao aquecimento global, à escassez de água potável, ao aumento vertiginoso da população mundial e à gradativa perda da diversidade biológica.

Fica cada vez mais claro que a sociedade depende de recursos naturais para sua sobrevivência. O setor empresarial, por exemplo, necessita diretamente desses recursos para o seu funcionamento e expansão, com utilização de madeira, óleos vegetais, água, entre outros (WWF-Brasil, 2008).

Para evitar mais desmatamentos e perda massiva de espécies na Mata Atlântica brasileira, o desafio consiste na integração dos diversos instrumentos regulatórios, políticas públicas e novas oportunidades, mecanismos de incentivo para a proteção e restauração florestal, além dos vários projetos e programas independentes desenvolvidos pelos governos e organizações não governamentais, em uma única e abrangente estratégia para o estabelecimento de redes de paisagens sustentáveis ao longo da região (Tabarelli et al., 2005).

As Unidades de Conservação – UCs servem para proteger a diversidade biológica e os recursos genéticos associados. Para os seres humanos, as UCs contribuem especialmente para: regulação da quantidade e qualidade de água para consumo; equilíbrio climático e manutenção da qualidade do ar; base para produção de medicamentos para combater doenças atuais e futuras; áreas verdes para lazer, educação, cultura e religião (WWF-Brasil, 2008).

Nos diversos núcleos do Parque Estadual da Cantareira é evidente a presença de espécies exóticas.

Essas espécies foram introduzidas para diversos usos: ornamental, para pesquisa científica (principalmente silvicultural) ou para a contenção do solo. Na barragem Cabuçu, foi plantado *Pinus elliottii* Engelm., visando à estabilização das margens da barragem.

A espécie *Pinus elliottii* é originária da região Sudeste dos Estados Unidos e distribui-se por parte dos estados da Louisiana, Mississipi, Alabama, Geórgia, Carolina do Sul e Flórida (Kronka et al., 2005).

As principais razões para o plantio de espécies exóticas em detrimento de espécies nativas foram: 1) o crescimento rápido, uma vez que as espécies nativas são mais difíceis de manejar e sua biologia não é tão bem estudada, quando comparada com a das exóticas; 2) as sementes das nativas são de difícil obtenção, além de as exóticas, em geral, se desenvolverem favoravelmente bem em áreas degradadas, áreas de pastagem e cerrados (principais áreas visadas para este tipo de cultura), e 3) as indústrias florestais utilizam preferencialmente espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*, por serem menos susceptíveis a pragas e doenças (Ziller, 2000).

Por sua vez, os impactos provocados no ambiente pelas espécies de *Pinus*, podem ser catastróficos. Dentre os impactos mais citados pela comunidade científica, estão as alterações de processos ecológicos essenciais, como: ciclagem de nutrientes, produtividade vegetal, cadeias tróficas, estrutura das comunidades (frequência, dominância e densidade das populações constituintes), distribuição e funções de espécies, distribuição de biomassa, densidade de espécies, porte da vegetação, índice de área foliar, taxa de decomposição, processos evolutivos e relação entre polinizadores e plantas (Zanchetta e Diniz, 2006).

Diversos estudos realizados no Brasil demonstraram a grande capacidade invasora de espécies de *Pinus*, principalmente em áreas abertas (Seitz, 1983; Ramos, 1993; Ziller, 2000; Bechara, 2003; Guimarães, 2005; Zanchetta e Diniz, 2006). No entanto, esses trabalhos não relataram que indivíduos de *Pinus* tenham-se comportado como invasores nos ambientes florestais.

As primeiras pesquisas sobre *Pinus* no Brasil, visando fins silviculturais, começaram em 1930, e a partir da década de 1950 foram iniciados os plantios comerciais. A principal razão para sua introdução no Brasil foi a demanda por madeira para o setor industrial. *Pinus* desenvolve-se satisfatoriamente em locais com invernos secos e frios, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, como nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e nas regiões serranas do Estado de São Paulo (Kronka et al., 2005).

Devido aos impactos ambientais oriundos do plantio de espécies exóticas invasoras, torna-se prioritário estudar a dinâmica ecológica das mesmas, assim como o comportamento ecológico da vegetação natural frente ao caráter agressivo das espécies. Torna-se essencial fundamentar ações de controle, de restauração ecológica de ambiente e de conscientização ambiental.

As florestas remanescentes na região da Grande São Paulo, bacia do Alto Tiête, estão dentre as melhores descritas quanto à estrutura e composição, podendo ser consideradas como pertencentes ao domínio da Floresta Atlântica (Ogata e Gomes, 2006). Alguns estudos nessa região foram realizados com vegetação nativa (Baitello et al., 1993; Aragaki e Mantovani, 1994; Tabarelli, 1994; Gandolfi et al., 1995; Arzolla, 2002; Catharino et al., 2006; Ogata e Gomes, 2006). No entanto, os estudos sobre a estrutura, composição e dinâmica da vegetação regenerante sob plantio de *Pinus* ainda são escassos.

Os principais trabalhos realizados no Brasil sobre o comportamento da regeneração natural sob plantio de *Pinus elliottii* foram os de Silva (2006), que estudou o componente herbáceo da região de borda do Núcleo Cabuçu, no Parque Estadual da Cantareira (SP),

incluindo em seu estudo florístico e fitossociológico a vegetação herbácea regenerante; Gonçalves et al. (2007) estudaram a composição florística do banco de sementes do sub-bosque de *Pinus* sp., em Brasília (DF), verificando a existência de 42 espécies, pertencentes a 33 gêneros de 15 famílias, acrescidas de mais quatro espécimes sem identificação em nível específico (além destas, 18 plântulas não identificadas foram classificadas como morfoespécies); Andrae et al. (2005) estudaram o sub-bosque de reflorestamentos de *Pinus* em sítios degradados da região da Floresta Estacional Decídua do Rio Grande do Sul, verificando que a vegetação era composta por 121 espécies lenhosas, incluindo desde espécies comuns até nobres, e também de ornamentais ou frutíferas nativas e exóticas; Durigan et al. (2004) estudaram, em Assis (SP), a regeneração da mata ciliar sob plantio de *P. elliottii* em diferentes densidades de plantio, tendo obtido um total de 52 espécies durante um período de seis anos após o plantio de *Pinus*, verificando também a dominância de algumas espécies, como *Miconia chamissois* e *Ilex affinis*, que juntas reuniam mais de 50% das plantas regenerantes; Modna (2006) deu continuidade ao estudo de Durigan et al. (2004), estudando a dinâmica da regeneração de espécies nativas sob *P. elliottii* por mais cinco anos, tendo amostrado 68 espécies pertencentes a 31 famílias, a maioria já amostrada por Durigan et al. (2004), acrescida de novas ocorrências e o desaparecimento de outras espécies.

Os principais estudos sobre vegetação realizados no Parque Estadual da Cantareira foram os de Alberto Löfgren, que iniciou as pesquisas sobre a vegetação da Serra da Cantareira e arredores da cidade de São Paulo no começo do século XX (Baitello et al., 1985); posteriormente, Baitello et al. (1982) publicaram o primeiro levantamento da flora arbórea da Serra da Cantareira, contendo 189 espécies, pertencentes a 110 gêneros e 48 famílias; Baitello et al. (1985) elaboraram a descrição botânica e caracterização ecológica de dez espécies da Serra da Cantareira; Baitello et al. (1993), utilizando o método de quadrantes, realizaram o estudo florístico e fitossociológico na região do Núcleo Pinheirinho, encontrando 141 espécies, pertencentes a 45 famílias e 92 gêneros;

Arzolla (2002) realizou o levantamento florístico e fitossociológico em uma área de encosta e outra área de vegetação ribeirinha no Núcleo Águas Claras utilizando o método de parcelas, encontrou 194 espécies distribuídas em 127 gêneros e 60 famílias; Silva (2006) realizou um levantamento florístico e fitossociológico das espécies herbáceas da região de borda do Núcleo Cabuçu, onde foram inventariadas 123 espécies, pertencentes a 95 gêneros e 41 famílias.

Há um outro trabalho importante que não foi realizado no PEC, mas em região adjacente à área deste Parque, conduzido por Gandolfi et al. (1995), que trata do estudo florístico das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua, no qual foram verificados 12.998 indivíduos distribuídos em 167 espécies, 106 gêneros e 47 famílias.

O presente estudo pretendeu responder as seguintes questões: Qual a estrutura da vegetação de sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm.? Há diferenças na composição florística e estrutural entre as unidades amostrais? A população de *P. elliottii* interfere no estabelecimento da vegetação nativa? Caso haja interferência, qual a maneira adequada de executar o manejo da população de *P. elliottii*? A população de *P. elliottii* encontra-se em expansão? É possível indicar as espécies mais adequadas para serem utilizadas no enriquecimento de áreas reflorestadas por *Pinus elliottii* Engelm.?

A fim de responder esses questionamentos, este estudo teve os seguintes objetivos: realizar o estudo da estrutura do componente arbóreo da vegetação de sub-bosque da área reflorestada com *Pinus elliottii* Engelm.; identificar as espécies nativas que poderão ser empregadas na reabilitação, enriquecimento e recomposição da vegetação ripária da represa Cabuçu, localizada no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP; colaborar com as ações de recuperação de áreas degradadas na bacia do Cabuçu e sub-bacias da região, além de outras áreas reflorestadas com *P. elliottii* Engelm.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Descrição da Área de Estudo

O Parque Estadual da Cantareira (23°20' – 23°28'S e 46°28' – 46°43'W) é uma Unidade de Conservação administrada pela Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Foi criado pelo Decreto Estadual nº 41.626, de 30/11/1963, ocupando uma área de 7.916,52 ha, abrangendo parte dos municípios de São Paulo, Caieiras, Mairiporã e Guarulhos (Baitello et al., 1993). O Parque possui quatro núcleos administrativos: Pedra Grande, Águas Claras, Engordador e Cabuçu (Figura 1).

O presente estudo foi realizado no Núcleo Cabuçu (23°24'06"S e 46°31'56"W), que ocupa uma área aproximada de 2.300 hectares coberta por remanescentes de Mata Atlântica, representada pela enorme diversidade de espécies animais e vegetais. É o maior dos quatro núcleos do Parque Estadual da Cantareira (São Paulo, 2008). A área de estudo corresponde a uma faixa de *Pinus elliottii* Engelm. localizada na margem direita da barragem Cabuçu, que segundo relatos da comunidade do entorno do Núcleo Cabuçu foi plantado há aproximadamente 25 anos.

O clima é classificado como tropical de altitude, do tipo Cfb, segundo o Sistema Internacional de Classificação Climática de Köppen, ou seja, clima mesotérmico úmido com pequena deficiência de água (Rossi et al., 2009). A precipitação média anual é de 1.317,92 mm, sendo que o período de chuva (outubro a março) concentra 991,67 mm, ou 75% do total da precipitação anual, e o de estiagem (abril a setembro) 326,25 mm ou 25% do total. A média anual de temperatura é 19,07 °C. O mês com maior média de temperatura é janeiro com 21,82 °C, e o mês com a menor média é julho com 14,75 °C (Oliveira et al., 2005).

Essa região está relacionada à Província Mantiqueira representada por um sistema orogênico neoproterozóico situado no Sul e Sudeste do Brasil, também definido como Orogênese Brasileira que teve início em torno de 880 Ma e findou há cerca de 480 Ma (Oliveira et al., 2005).

A área é sustentada por rochas graníticas intrusivas e metasedimentos do grupo São Roque. Coberturas cenozóicas caracterizadas por sedimentos da Formação São Paulo, Depósitos colúvio-eluviais e Depósitos aluvionares ocorrem de forma restrita (Silva, 2005).

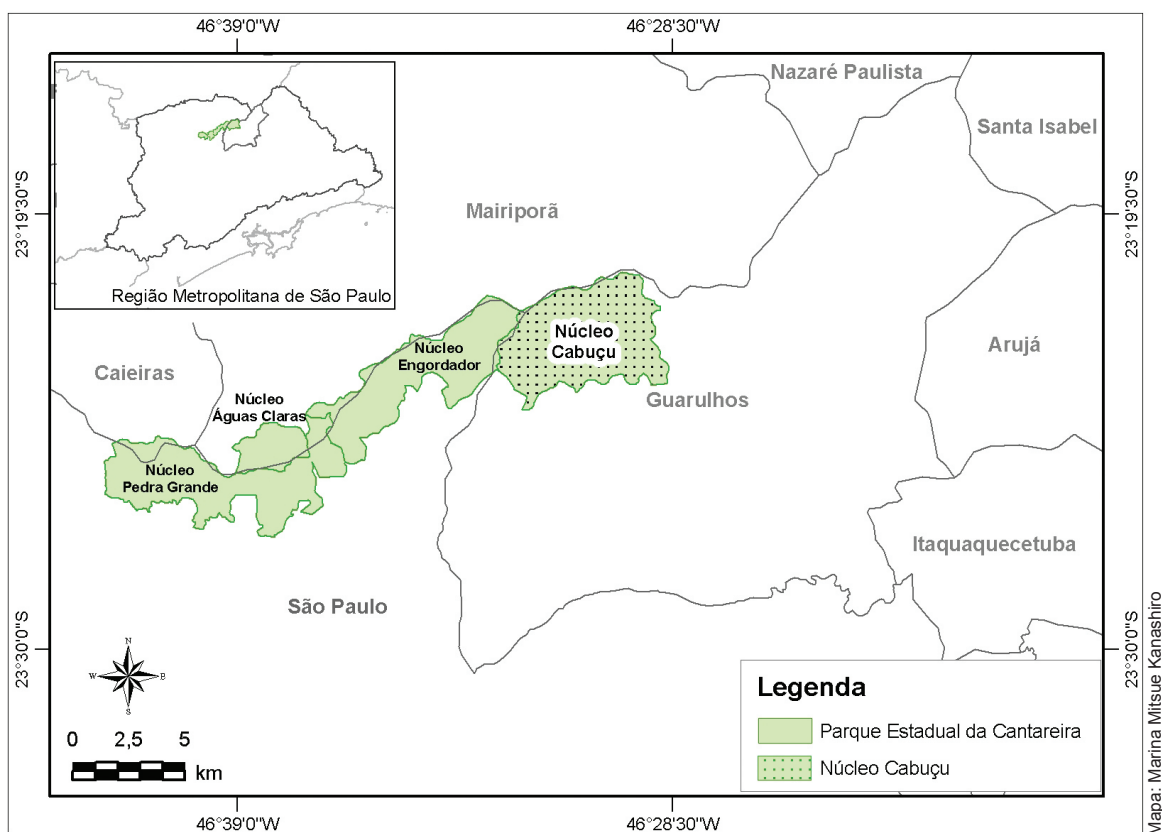


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, Parque Estadual da Cantareira, Núcleo Cabuçu, Guarulhos, SP, Brasil.
 Figure 1. Location map of the studied area, Cantareira State Park, Núcleo Cabuçu, Guarulhos, São Paulo State, Brasil.

As principais características dos relevos mapeados foram denominadas Planícies Fluviais, Colinas médias, Colinas pequenas, Colinas pequenas e Morrotes, Morrotes, Morrotes paralelos, Morrotes dissecados, Morrotes e Morros, Morrotes e Morros paralelos, Morrotes e Morros dissecados, Morros residuais, Morros angulosos, Morros e Montanhas, Escarpa (Oliveira et al., 2005).

Segundo o mapeamento de solos (Rossi et al., 2009), os solos que ocorrem no entorno da barragem Cabuçu são: Associação de Latossolo Amarelo distrófico típico ou câmbico, pouco profundo, e Cambissolo Háplico Tb distrófico típico ou léptico, ambos com textura argilosa, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa a muito argilosa.

2.2 Amostragem

Para a análise da vegetação arbórea da área de estudo foi utilizado o método de parcelas (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974), adaptado de Gentry (1982). Foram instaladas dez parcelas retangulares disjuntas de 2 m x 50 m, com distância entre elas de 7 m, totalizando 0,1 ha ao longo da margem da represa Cabuçu, na parte central da faixa de plantio de *Pinus elliottii* Engelm., com seus lados maiores paralelos à margem, ou seja, aproximadamente 10% da faixa de plantio de *P. elliottii*. Procurou-se instalar as unidades amostrais sob o plantio de *Pinus* que tivessem a mesma exposição à luz solar, um sub-bosque fisionomicamente homogêneo, e sem lençol freático aflorante. As parcelas foram delimitadas com estacas de bambu de 1,20 m de altura, pintadas de branco na extremidade superior, unidas com barbante de algodão (Figura 2).

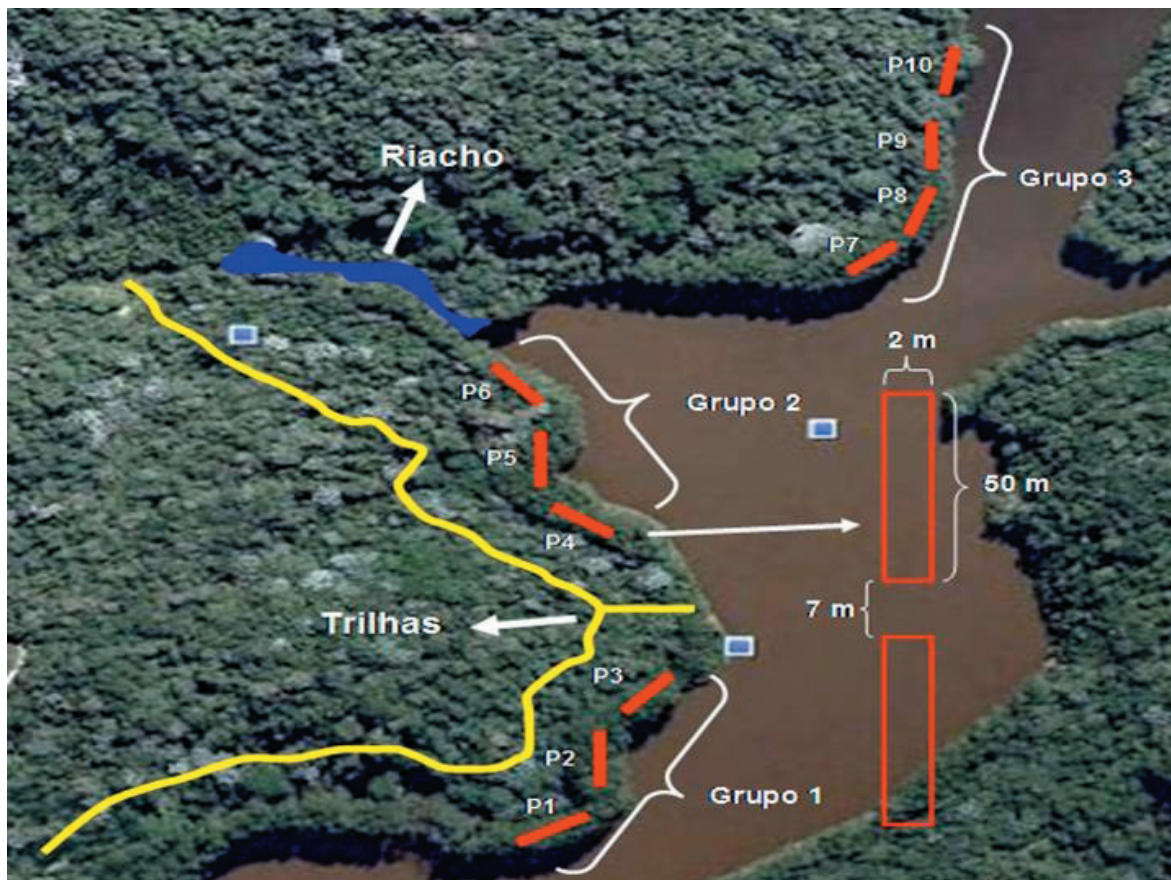


Figura 2. Localização aproximada das áreas amostrais no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil. P1, P2, P3,...: unidades amostrais. Fonte: modificado de Google Earth, acesso em: 10 jan. 2010.

Figure 2. Approximate location of sample areas at Núcleo Cabuçu, Cantareira State Park, Guarulhos, São Paulo state, Brazil. P1, P2, P3,...: sample units. Source: modified from Google Earth, access: Jan. 10, 2010.

Foram amostrados todos os indivíduos arbóreos vivos ou mortos em pé com perímetro do caule a 1,30 m de altura do solo (PAP) igual ou superior a 8 cm, incluindo suas ramificações, desde que pelo menos uma delas tivesse PAP igual ou superior a 8 cm. Optou-se por esse valor de PAP de modo a amostrar indivíduos arbóreos regenerantes na sombra e/ou típicos de sub-bosque. Esses indivíduos tiveram suas alturas totais estimadas; foram marcados com plaquetas de alumínio afixadas no caule com arame de ferro galvanizado, sempre voltadas na mesma direção para facilitar sua localização.

Por ocasião da amostragem dos indivíduos, foram anotados os seguintes dados em ficha de campo: área de amostragem, data, número de parcela, número do espécime, possível nome popular e/ou científico, perímetros e alturas totais. No sentido de facilitar a identificação das espécies foram anotadas também outras características peculiares do indivíduo (tipo de súber, odor, látex, acúleos etc.), quando presentes. O perímetro foi obtido com a utilização de fita métrica e a altura total foi estimada com a utilização de vara de bambu de 8 m, graduada a cada 50 cm.

Com auxílio de tesoura de poda alta foram coletados materiais botânicos, férteis ou vegetativos de cada espécime marcado, sendo estes materiais devidamente etiquetados com fita adesiva, tendo sido anotados o número da placa de alumínio e da parcela. Os exemplares coletados foram acondicionados em sacos plásticos para posterior preparação, de acordo com a metodologia usual indicada por Fidalgo e Bononi (1984). A identificação de todo o material coletado foi realizada com o auxílio de bibliografia especializada, por comparação com materiais depositados no Herbário D. Bento Pickel (SPSF) e com o auxílio de especialistas do Instituto Florestal, em especial do Me. Geraldo Antonio Daher Corrêa Franco; do Dr. João Batista Baitello (Lauraceae) e do Me. Osny Tadeu de Aguiar (Myrtaceae). Após a identificação, os materiais foram armazenados em sacos plásticos, pois não foi possível incluí-los no Herbário do Instituto Florestal, dado que o material coletado era composto basicamente por material vegetativo de espécies de ampla ocorrência na Serra da Cantareira e já depositadas no Herbário SPSF.

Para verificar a presença de regenerantes de *Pinus elliottii*, realizou-se a amostragem de todos os indivíduos de *P. elliottii*, vivos ou mortos em pé, tanto na faixa de plantio como numa faixa de 30 m de vegetação nativa a ela adjacente. Foi estimada a altura total com auxílio da vara de bambu graduada e medidos os perímetros a 1,30 m de altura do solo. Para verificar a distância de plantio, entre os indivíduos de *P. elliottii* foi utilizada uma trena de 30 m.

2.3 Análise dos Dados

Seguindo a metodologia proposta por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), efetuaram-se os cálculos dos descritores fitossociológicos usuais de densidade, frequência e dominância, absolutas e relativas, assim como os valores de importância e de diversidade de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J'), utilizando o Programa FITOPAC (Shepherd, 2004).

Com o objetivo de avaliar a representatividade florística da área amostral, foi confeccionada a curva espécie x área, com base no número acumulado de espécies amostradas por unidade amostral, tendo sido construído um gráfico de dispersão, traçando-se a reta de tendência linear, com o objetivo de visualizar a estabilização da curva.

Foi efetuada análise multivariada dos dados florísticos categóricos (presença x ausência) das espécies arbóreas presentes em cada unidade amostral. Foi feita a análise de agrupamento, utilizando-se o Índice de Diversidade de Sørensen (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974), para verificar a similaridade florística entre os grupos de unidades amostrais. O método adotado foi o de associação média ou UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average), que usa a distância média do grupo e mostra o resultado do agrupamento das populações.

Foram elaborados histogramas das classes de diâmetro e de altura para o conjunto de todos os indivíduos amostrados. Para o cálculo dos intervalos de classe ideais, utilizaram-se as fórmulas propostas por Spiegel (1976):

$$IC = A / nc$$

em que: A = Amplitude e nc = nº de classes

A = Maior diâmetro – Menor diâmetro

$$nc = 1 + 3,3 \log n$$

em que: n = nº de dados.

Quanto ao grupo sucessional, as espécies amostradas foram agrupadas, segundo Gandolfi (1991), em: pioneiras (PI), espécies claramente dependentes de luz que não ocorrem no sub-bosque, desenvolvendo-se nas clareiras ou nas bordas das florestas; secundárias iniciais (SI), espécies que ocorrem em condições de sombreamento médio ou luminosidade não muito intensa, ocorrendo em clareiras pequenas, bordas de clareiras grandes, bordas de florestas ou no sub-bosque não densamente sombreado, e secundárias tardias (ST), espécies que ocorrem em sub-bosque em condições de sombra leve ou densa, podendo aí permanecer por toda a vida ou crescer até alcançar o dossel ou a condição de árvore emergente.

Para a classificação das espécies foram consultados os trabalhos científicos dos seguintes autores: Gandolfi (1991), Dislich et al. (2001), Aguiar (2003), Cardoso-Leite et al. (2004), Catharino et al. (2006) e Hirata (2006).

Para a classificação das espécies quanto à síndrome de dispersão, utilizou-se o conceito estabelecido por Pijl (1982), que se baseia nas características morfológicas de frutos e sementes, e divide as espécies em: anemocóricas, zoocóricas e autocóricas. Para a confirmação da síndrome de dispersão, foram consultados os trabalhos científicos dos seguintes autores: Lorenzi (2002), Catharino et al. (2006) e Hirata (2006).

O sistema de classificação para famílias utilizado no presente trabalho foi o APG III (APG III, 2009).

Para atualização dos nomes das espécies foi utilizado o site da base de dados Missouri Botanical Garden's VAST (VAScular Tropicos) nomenclatural database – W3 Tropicos (2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Florística

No presente estudo, foram amostrados 218 indivíduos, sendo 210 vivos e oito árvores mortas em pé, pertencentes a 58 espécies, 41 gêneros e 26 famílias (Tabela 1).

As famílias com maior número de indivíduos amostrados foram Sapindaceae (31), Lauraceae (24), Asteraceae e Salicaceae (20), Rubiaceae (18), Euphorbiaceae (14), Urticaceae e Fabaceae (11), Bignoniaceae e Solanaceae (9), Primulaceae (8) e Meliaceae (7). Essas famílias representaram 86,67% dos indivíduos amostrados. As famílias listadas foram bem representadas para o PEC nos estudos de Baitello et al. (1993) e Arzolla (2002). As famílias Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Araucariaceae, Clethraceae, Moraceae, Rutaceae e Cannabaceae foram amostradas por um indivíduo, totalizando 3,33% das famílias.

As onze espécies com maior número de indivíduos foram *Matayba elaeagnoides* (21), *Casearia sylvestris* (20), *Psychotria leiocarpa* (18), *Nectandra oppositifolia* (14), *Vernonia diffusa* (11), *Alchornea triplinervia*, *Allophylus petiolulatus* e *Jacaranda puberula* (10 cada), *Rapanea umbellata* (7), *Cecropia pachystachya* (6),

Cecropia glaziovii (5), totalizando 62,38% dos indivíduos coletados. Vinte e oito espécies apresentaram apenas um indivíduo cada, correspondendo a 13% do total amostrado.

Com base no estudo de Oliveira (2006), que comparou a diversidade florística de 69 sítios de florestas no Estado de São Paulo, observa-se que as dez espécies mais importantes amostradas no presente trabalho também o foram em diversos estudos da Floresta Ombrófila Densa.

3.2 Estrutura

O total de indivíduos amostrados foi 218, com área basal de 0,577 m²/ha. A densidade total por hectare foi de 2.180 indivíduos e a área basal total por hectare de 5,773 m² (Tabela 2).

O comprimento da área com faixa de plantio de *Pinus elliottii* Engelm. não permitiu que se alocasse um número maior de áreas amostrais, com o tamanho estabelecido de 2 m x 50 m, daí ter-se amostrado apenas dez parcelas.

A curva construída de relação espécie x área (Figura 3) não apresentou tendência à estabilização, o que pode ser visto pela reta de tendência linear. É possível verificar que até a parcela 7 foram amostradas 84,75% das espécies e o restante das parcelas contribuiu com 15,25%. Portanto, mesmo sem ter atingido a estabilidade na curva espécie x área, o tamanho da área amostral parece ter sido adequado para representar a vegetação.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') calculado foi 3,519 nats ind⁻¹. O valor obtido pode ser considerado baixo para a Serra da Cantareira, quando comparado aos obtidos por outros estudos como Baitello et al. (1993) que obtiveram 4,13 nats ind⁻¹, Gandolfi (1995) 3,73 nats ind⁻¹ e Arzolla (2002) 3,80 nats ind⁻¹. Para estudos realizados em vegetação regenerante sob plantio de *Pinus* esse valor pode ser considerado alto. Durigan et al. (2004), estudando a regeneração natural sob *Pinus elliottii*, após seis anos de plantio, obtiveram 2,55 nats ind⁻¹; Modna (2007) obteve 2,56 nats ind⁻¹ para o estudo de espécies regenerantes após onze anos de plantio de *P. elliottii*. Todavia, a comparação com outros estudos deve ser feita com ressalvas, pois o método adotado, o tamanho da área amostral, o tipo de vegetação da área de estudo e a diversidade local influenciam diretamente no valor final desse índice.

Tabela 1. Lista das espécies amostradas no estudo fitossociológico no Núcleo Cabuçu, com respectivas síndromes de dispersão e categorias sucessionais, Parque da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil. Zoo: zoocória; Ane: anemocória; Aut: autocória; Pi: pioneira; Si: secundária inicial; St: secundária tardia.

Table 1. List of species sampled in the core of phytosociological study Núcleo Cabuçu with their dispersal syndromes and successional categories, Cantareira State Park, Guarulhos, SP, Brazil. Zoo: zoocory; Ane: anemochorous; Aut: autochorous; Pi: pioneer; Si: early secondary; St: secondary.

Famílias e espécies	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Síndromes de dispersão	Grupos sucessionais
Anacardiaceae					
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch.		X		Zoo	Si
Annonaceae					
<i>Rollinia sylvatica</i> (A.St.-Hil.) Mart.			X	Zoo	Si
Aquifoliaceae					
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.		X		Zoo	Si
Araliaceae					
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi		X	X	Zoo	Si
Araucariaceae					
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze		X		Zoo	St
Asteraceae					
<i>Piptocarpha axillaris</i> Baker	X			Ane	Pi
<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	X	X		Ane	Pi
<i>Vernonia diffusa</i> Less.	X	X	X	Ane	Pi
<i>Vernonia macrophylla</i> Less.		X		Ane	Pi
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.			X	Ane	Pi
Bignoniaceae					
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	X	X	X	Ane	Si
Cannabaceae					
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume		X		Zoo	Pi
Clethraceae					
<i>Clethra scabra</i> Pers.	X			Ane	Si

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
continuation – Table 1

Famílias e espécies	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Síndromes de dispersão	Grupos sucessionais
Clusiaceae					
<i>Vismia micrantha</i> Mart. ex A. St.-Hil.			X	Zoo	Pi
Euphorbiaceae					
<i>Alchornea sidifolia</i> Müll. Arg.		X		Aut	Pi
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	X	X	X	Zoo	Si
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	X	X		Aut	Si
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong.	X			Aut	Si
Fabaceae					
<i>Calliandra foliolosa</i> Benth.			X	Aut	St
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	X			Ane	Si
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	X			Ane	Si
<i>Machaerium nycitans</i> (Vell.) Benth.		X		Ane	Si
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC) Vogel			X	Ane	Si
<i>Leucochlorum incuriale</i> (Vell.) Barnaby & J.W. Grimes.			X	Ane	Si
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby		X		Aut	Si
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby		X		Aut	Pi
Lauraceae					
<i>Aiouea saligna</i> Meisn.		X		Zoo	St
<i>Cinnamomum hirsutum</i> Lorea-Hern.			X	Zoo	Si
<i>Nectandra barbellata</i> Coe-Teix.	X	X		Zoo	St
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.		X		Zoo	Si
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees.	X	X	X	Zoo	St
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil			X	Zoo	St

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
continuation – Table 1

Famílias e espécies	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Síndromes de dispersão	Grupos sucessionais
Melastomataceae					
<i>Miconia cabucu</i> Hoehne.		X		Zoo	Si
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.		X		Zoo	Pi
<i>Miconia hymenonervia</i> (Raddi) Cogn.			X	Zoo	Pi
<i>Tibouchina mutabilis</i> Cogn.	X			Zoo	Si
Meliaceae					
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	X	X	X	Zoo	St
<i>Cedrela odorata</i> L.	X	X	X	Ane	St
Moraceae					
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess.			X	Zoo	St
Myrtaceae					
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	X	X		Zoo	Si
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.		X		Zoo	Si
Primulaceae					
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.		X		Zoo	Si
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	X	X	X	Zoo	Si
Rubiaceae					
<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltdl.	X	X	X	Zoo	Si
Rutaceae					
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	X			Aut	Pi
Salicaceae					
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	X	X	X	Zoo	Si

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
continuation – Table 1

Famílias e espécies	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Síndromes de dispersão	Grupos sucessionais
Sapindaceae					
<i>Allophylus petiolatus</i> Radlk.	X	X	X	Zoo	Si
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	X	X	X	Zoo	Si
Sapotaceae					
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.		X		Zoo	St
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.		X		Zoo	St
Solanaceae					
<i>Sessea brasiliensis</i> Toledo		X		Ane	Si
<i>Solanum argenteum</i> Dunal			X	Zoo	Si
<i>Solanum cinnamomeum</i> Sendtn.			X	Zoo	Si
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	X			Zoo	Si
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult	X			Zoo	Si
Urticaceae					
<i>Cecropia glaziovii</i> Snehth.	X	X		Zoo	Pi
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.		X	X	Zoo	Pi
Verbenaceae					
<i>Aegiphilla sellowiana</i> Cham.		X	X	Aut	Pi

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para as espécies do componente arbóreo sob plantação de *Pinus elliottii* no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil. Nind: número de indivíduos amostrados; Ocor: número de ocorrência das espécies nas dez unidades amostrais; DA: densidade absoluta; FA: frequência absoluta; DoA: dominância absoluta; DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; DoR: dominância relativa; VI: valor de importância.

Table 2. Phytosociological parameters for the species component tree planting in *Pinus elliottii* at Núcleo Cabuçu, Cantareira State Park, Guarulhos, SP, Brazil. Nind: number of individuals sampled; Ocor: number of occurrence of species in ten sampling units; DA: absolute density; FA: absolute frequency; DoA: absolute dominance; DR: relative density; FR: relative frequency; DoR: relative dominance; VI: value of importance.

Espécie	Nind	Ocor	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	VI
<i>Casearia sylvestris</i>	20	9	200	90	0,64	9,2	6,8	11,1	27,1
<i>Alchornea triplinervia</i>	10	4	100	40	0,77	4,6	3,0	13,4	21,0
<i>Matayba elaeagnoides</i>	21	7	210	70	0,28	9,6	5,3	4,9	19,8
<i>Psychotria leiocarpa</i>	18	6	180	60	0,25	8,3	4,6	4,3	17,1
<i>Vernonia diffusa</i>	11	4	110	40	0,52	5,1	3,0	9,0	17,1
<i>Nectandra oppositifolia</i>	14	8	140	80	0,13	6,4	6,1	2,3	14,8
<i>Allophylus petiolulatus</i>	10	7	100	70	0,19	4,6	5,3	3,2	13,1
<i>Jacaranda puberula</i>	9	5	90	50	0,23	4,1	3,8	4,0	11,9
<i>Cecropia glaziovii</i>	5	4	50	40	0,30	2,3	3,0	5,1	10,5
<i>Cecropia pachystachya</i>	6	3	60	30	0,26	2,8	2,3	4,6	9,6
<i>Rapanea umbellata</i>	7	5	70	50	0,12	3,2	3,8	2,0	9,0
<i>Trema micrantha</i>	1	1	10	10	0,25	0,5	0,8	4,4	5,6
<i>Piptocarpha macropoda</i>	4	3	40	30	0,07	1,8	2,3	1,2	5,3
<i>Sessea brasiliensis</i>	4	2	40	20	0,11	1,8	1,5	1,9	5,2
<i>Schefflera calva</i>	4	3	40	30	0,06	1,8	2,3	1,0	5,1
<i>Cabralea canjerana</i>	4	3	40	30	0,04	1,8	2,3	0,7	4,8
<i>Solanum pseudoquina</i>	2	2	20	20	0,13	0,9	1,5	2,3	4,8
<i>Rollinia sylvatica</i>	3	2	30	20	0,10	1,4	1,5	1,8	4,7
<i>Cedrela odorata</i>	3	3	30	30	0,04	1,4	2,3	0,8	4,4
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	1	10	10	0,17	0,5	0,8	3,0	4,2
<i>Alchornea sidifolia</i>	1	1	10	10	0,17	0,5	0,8	3,0	4,2
<i>Pera glabrata</i>	2	2	20	20	0,08	0,9	1,5	1,4	3,9
<i>Aegiphilla sellowiana</i>	2	2	20	20	0,08	0,9	1,5	1,3	3,7
<i>Myrcia fallax</i>	3	2	30	20	0,03	1,4	1,5	0,6	3,5
<i>Piptocarpha axillaris</i>	3	1	30	10	0,07	1,4	0,8	1,3	3,4
<i>Aiouea saligna</i>	3	2	30	20	0,02	1,4	1,5	0,4	3,2
<i>Nectandra barbellata</i>	2	2	20	20	0,03	0,9	1,5	0,5	3,0
<i>Leucochlorun incuriale</i>	1	1	10	10	0,08	0,5	0,8	1,4	2,6
<i>Senna macranthera</i>	2	1	20	10	0,03	0,9	0,8	0,6	2,3

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Espécie	Nind	Ocor	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	VI
<i>Calliandra foliolosa</i>	1	1	10	10	0,05	0,5	0,8	0,9	2,1
<i>Cinnamomum hirsutum</i>	2	1	20	10	0,02	0,9	0,8	0,3	2,0
<i>Ocotea bicolor</i>	2	1	20	10	0,02	0,9	0,8	0,3	2,0
<i>Vismia micrantha</i>	2	1	20	10	0,02	0,9	0,8	0,3	2,0
<i>Dalbergia frutescens</i>	2	1	20	10	0,02	0,9	0,8	0,3	1,9
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	1	1	10	10	0,04	0,5	0,8	0,7	1,9
<i>Machaerium nyctitans</i>	2	1	20	10	0,01	0,9	0,8	0,2	1,9
<i>Vernonia macrophylla</i>	1	1	10	10	0,02	0,5	0,8	0,4	1,6
<i>Tibouchina mutabilis</i>	1	1	10	10	0,02	0,5	0,8	0,3	1,6
<i>Nectandra membranacea</i>	1	1	10	10	0,02	0,5	0,8	0,3	1,6
<i>Ilex paraguariensis</i>	1	1	10	10	0,02	0,5	0,8	0,3	1,5
<i>Sapium glandulosum</i>	1	1	10	10	0,02	0,5	0,8	0,3	1,5
<i>Clethra scabra</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Machaerium stipitatum</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Sorocea bonplandii</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Tapirira obtusa</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Miconia hymenonervia</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Miconia cabucu</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Rapanea ferruginea</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,2	1,4
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,4
<i>Solanum swartzianum</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Vernonia polyanthes</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Pouteria caimito</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Solanum argenteum</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Solanum cinnamomeum</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Senna multijuga</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Ecclinusa ramiflora</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3
<i>Myrcia tomentosa</i>	1	1	10	10	0,01	0,5	0,8	0,1	1,3

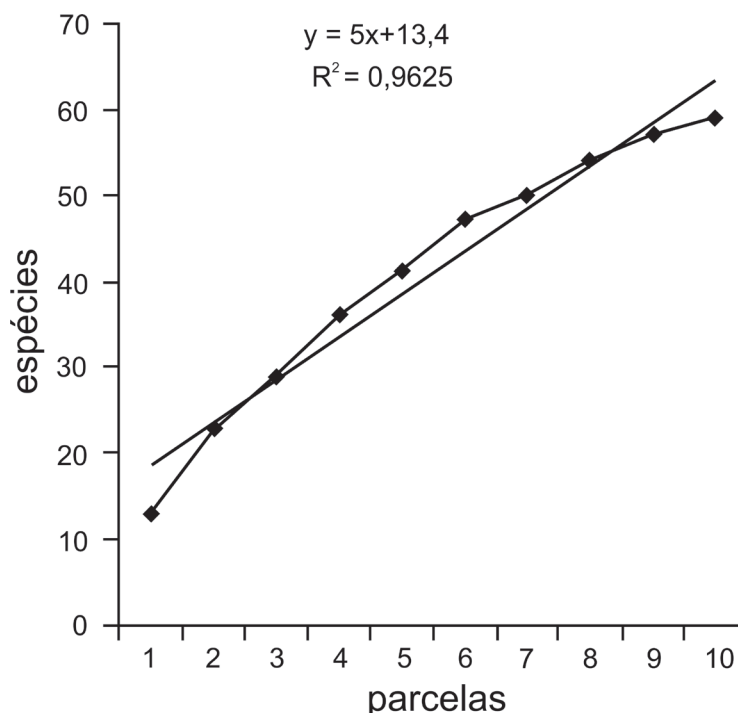


Figura 3. Curva do número de espécies x área amostradas no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil.

Figure 3. Number of species x sample areas chart at Núcleo Cabuçu, Cantareira State Park, Guarulhos, São Paulo state, Brazil.

O índice de equabilidade (J') alcançado foi de 0,863. Esse valor mostra homogeneidade na distribuição das espécies pelo número total de indivíduos amostrados.

As espécies que apresentaram maior valor de importância foram *Casearia sylvestris* (27,1), *Alchornea triplinervia* (21,0), *Matayba elaeagnoides* (19,8), *Psychotria leiocarpa* (17,1), *Vernonia diffusa* (17,1), *Nectandra oppositifolia* (14,8), *Allophylus petiolulatus* (13,1), *Jacaranda puberula* (11,1) e *Cecropia glaziovii* (10,5), representando 50,53% do total de VI. Vinte e sete espécies apresentaram VI inferior a 2, correspondendo a 10,21% do VI total.

Com exceção de *Alchornea triplinervia* e *Cecropia glaziovii*, que se destacaram entre as dez espécies com maior VI nos estudos de Baitello et al. (1993) e Dislich et al. (2001), o restante das espécies apresentou baixos Valores de Importância nos estudos de Struffaldi-De Vuono (1985), Baitello et al. (1993), Aragaki (1997), Ivanauskas et al. (1997), Dislich et al. (2001), Arzolla (2002), Aguiar (2003), Hirata (2006), Candiani (2006), Ogata e Gomes (2006).

Os valores de similaridade foram 0,53 para os grupos 1 e 2, e 0,44 para o Grupo 3. O Grupo 1 foi representado pelas parcelas 1, 2 e 3; o Grupo 2 foi representado pelas parcelas 4, 5 e 6, e o Grupo 3 foi representado pelas parcelas 7, 8, 9 e 10. O Grupo 1 encontrava-se separado do Grupo 2 por uma trilha com cinco metros de largura. O Grupo 2 foi separado do Grupo 3 por um riacho. É importante salientar que os grupos 1 e 2 se encontravam sob influência direta das trilhas e o Grupo 3 não sofreu esta influência, estando em contato com a vegetação mais preservada e com o riacho (Figura 2). A maior similaridade entre os grupos 1 e 2, possivelmente, pode ser atribuída às condições ambientais locais. Isso se deve ao fato de os grupos 1 e 2 se encontrarem muito próximos às trilhas do Núcleo Cabuçu, estando, portanto, mais suscetíveis a impactos diretos da ação antrópica e maior efeito de borda. Já o Grupo 3 encontrava-se distante das trilhas e com maior proximidade da vegetação nativa, atualmente menos sujeita à ação antrópica.

3.3 Árvores Mortas

Para Baitello et al. (1993), a inclusão de árvores mortas num estudo fitossociológico fornece elementos para a compreensão da dinâmica da floresta.

No Núcleo Cabuçu as árvores mortas corresponderam a 3,66% do total de indivíduos amostrados. Outros estudos realizados na Floresta Ombrófila Densa obtiveram índices de mortalidade superiores ao presente estudo; Baitello et al. (1993), na Serra da Cantareira (Núcleo Pinheirinho), apresentou 8,08% de indivíduos mortos; Arzolla (2002), no Parque Estadual da Cantareira (Núcleo Águas Claras), amostrou para a zona ripária 3,8% de indivíduos mortos; Cardoso-Leite e Rodrigues (2008), em São Roque, amostrou 6,3% de indivíduos mortos; Hirata (2006), nas trilhas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, amostrou 6,23% de indivíduos mortos; Medeiros (2009), para a vegetação ripária no Parque Estadual da Serra do Mar, amostrou 4,28% de indivíduos mortos. Esses estudos indicam que os índices de mortalidade apresentados no presente estudo estão dentro da normalidade para essa formação florestal.

A morte de árvores pode estar relacionada a diversos fatores naturais: ventos, tempestades, queda de grandes ramos, doenças, perturbações antrópicas ou por senescência (Martins, 1991). No entanto, a vegetação estudada é predominantemente recente e típica de sub-bosque; portanto, a causa da mortalidade possivelmente está relacionada a doenças ou outro fator a ser estudado mais detalhadamente.

3.4 Frequência das Classes de Diâmetro

O diâmetro do caule é um bom indicador da idade relativa da espécie e, consequentemente, fornece informações sobre o estágio sucessional da floresta (Baitello et al., 1993).

A curva de distribuição diamétrica apresenta o formato de “J” invertido (Figura 4), com elevada concentração do número de indivíduos nas classes iniciais e uma abrupta redução nas classes intermediárias, apresentando também uma descontinuidade nas classes de maior diâmetro. Segundo Martins (1991), as interrupções nas classes de diâmetro mais elevadas indicam um crescimento descontínuo, que pode ter sido interrompido pela ação de algum fator, natural ou antrópico.

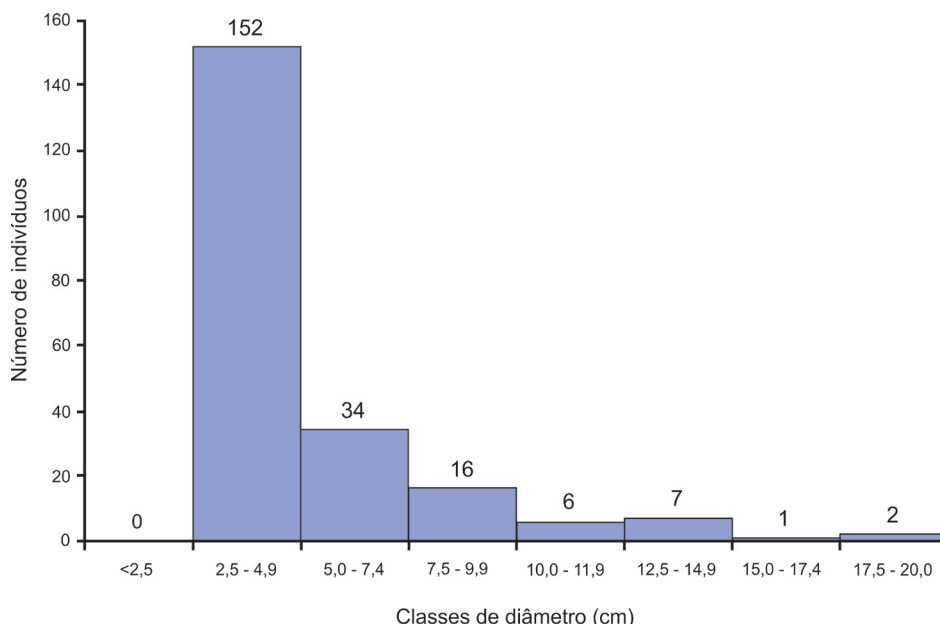


Figura 4. Distribuição das classes de diâmetro por indivíduos arbóreos amostrados no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil.

Figure 4. Distribution of diameter classes for individual trees sampled at Núcleo Cabuçu, Cantareira State Park, Guarulhos, São Paulo state, Brazil.

Somente as duas primeiras classes de diâmetro (de 2,5 a 7,4 cm) concentraram 85,30% do total de indivíduos amostrados. As classes intermediárias (de 7,5 a 14,9 cm) concentraram 13,30% e as duas classes de maior diâmetro (de 15,0 a 20,0 cm) concentraram apenas 1,4% (três indivíduos). Em estudo realizado no Parque Estadual da Cantareira, no Núcleo Pinheirinho, Baitello et al. (1993) citaram que o grande número de árvores nas classes iniciais de diâmetro pode significar que a mata da Cantareira ainda está em processo de pleno crescimento.

Os maiores diâmetros encontrados foram de *Alchornea triplinervia* (19,61 cm), *Trema micrantha* (17,98 cm), *Vernonia diffusa* (16,23 cm), *Araucaria angustifolia* (14,80 cm) e *Alchornea sidifolia* (14,80 cm). Todavia, *T. micrantha*, *A. sidifolia* e *A. angustifolia* foram representadas apenas por um indivíduo.

3.5 Frequência das Classes de Altura

A média de altura dos indivíduos obtida foi de 5,27 m. A distribuição das classes de altura mostrou uma estrutura vertical de vegetação pouco desenvolvida. As três primeiras classes de altura (de 2,0 a 7,9 m) concentraram maior número de indivíduos amostrados, totalizando 89,89% dos indivíduos. As demais classes (de 8,0 a 16,0 m) apresentaram menor número de indivíduos, representando 10,11% do total amostrado. Modna (2007), estudando a regeneração natural sob *Pinus elliottii*, após 11 anos de plantio em Assis (SP), verificou que 78,13% dos indivíduos amostrados pertenciam às classes de altura iniciais (de 0,50 a 2,50 m).

As oito espécies com maior VI (*Casearia sylvestris*, *Alchornea triplinervia*, *Matayba elaeagnoides*, *Psychotria leiocarpa*, *Vernonia diffusa*, *Nectandra oppositifolia*, *Allophylus petiolulatus* e *Jacaranda puberula*) apresentaram médias de altura inferiores a 8 m.

As espécies cujos indivíduos apresentaram maiores alturas foram: *Senna macranthera* (16 m), *Vernonia diffusa* (15 m), *Araucaria angustifolia* (14 m), *Cecropia glaziovii* (12,5 m) e *Alchornea triplinervia* (12 m).

3.6 Grupo Sucessional

Do total dos indivíduos amostrados, 19% pertencem à categoria sucessional das pioneiras, 66% são secundárias iniciais e 15% são secundárias tardias, ou seja, 85% das espécies amostradas pertencem às categorias iniciais de sucessão ecológica (Figura 5).

Entre as dez espécies com maior valor de importância, cinco são pioneiras (*Vernonia diffusa*, *Cecropia glaziovii* e *Cecropia pachystachya*), quatro secundárias iniciais (*Casearia sylvestris*, *Alchornea triplinervia*, *Matayba elaeagnoides*, *Psychotria leiocarpa*, *Allophylus petiolulatus* e *Jacaranda puberula*) e uma pertence à categoria das secundárias tardias (*Nectandra oppositifolia*).

Para Budowski (1970), a proporção relativa entre o número de indivíduos de espécies iniciais (pioneiras e secundárias iniciais) e o de tardias (secundárias tardias e climáticas) igual ou superior a 50% dos indivíduos de um estágio é determinante para a classificação sucessional da vegetação. A partir dos resultados, considera-se que a vegetação da área de estudo é preponderantemente composta por espécies de categorias iniciais de sucessão.

3.7 Síndromes de Dispersão

Do total dos indivíduos amostrados, 20% apresentam síndrome de dispersão anemocórica, 3% autocórica e 77% zoocórica (Figura 6).

Diversos estudos mostram que é frequente um maior número de espécies zoocóricas em relação a outras síndromes de dispersão, em especial na Floresta Ombrófila Densa. Em estudos realizados em trilhas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (SP), Hirata (2006) verificou que 72,2% das espécies eram zoocóricas, 7,4% autocóricas e apenas 3,7% eram anemocóricas; Catharino et al. (2006), estudando a vegetação da Reserva Florestal do Morro Grande, em Cotia (SP), encontraram 80% de espécies zoocóricas, 16,15% anemocóricas e 3,84% barocóricas; Candiani (2006), estudando a regeneração natural em áreas anteriormente ocupadas por *Eucalyptus* na cidade de Caieiras (SP), verificou que em talhões com 30 anos de pousio, 72% das espécies eram zoocóricas, 24% anemocóricas e 4% autocóricas; Modna (2007), estudando a dinâmica de regeneração natural sob reflorestamento de *Pinus*, na cidade de Assis (SP), encontrou 80% de espécies zoocóricas, 18% anemocóricas e 1% autocórica.

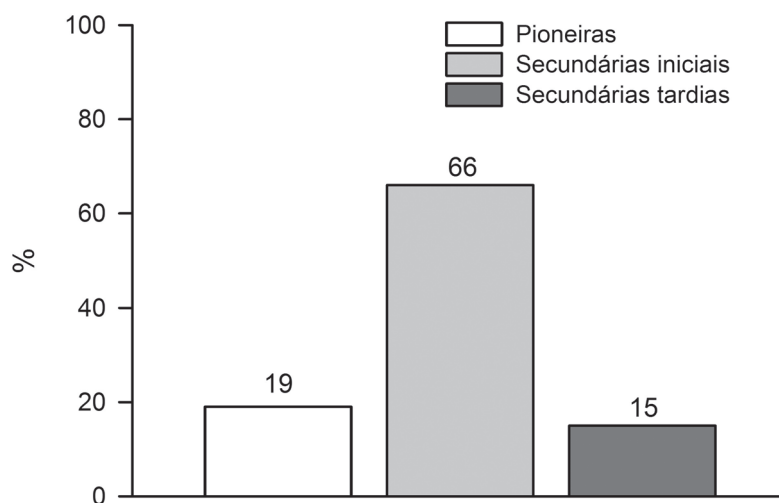


Figura 5. Distribuição das espécies amostradas, por grupos sucessionais, no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil.

Figure 5. Distribution of sample species, by succesional groups at Núcleo Cabuçu, Cantareira State Park, Guarulhos, São Paulo state, Brazil.

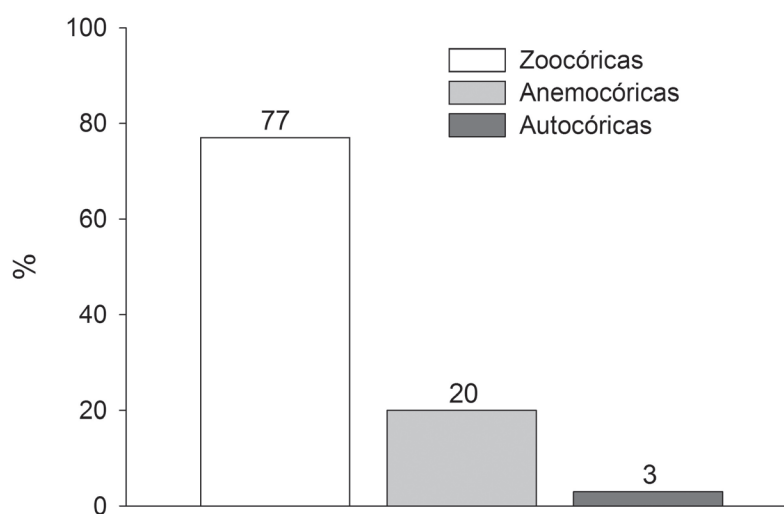


Figura 6. Distribuição das espécies amostradas, por síndromes de dispersão, no Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP, Brasil.

Figure 6. Distribution of sample species, by dispersal syndromes at Núcleo Cabuçu, Cantareira State Park, Guarulhos, São Paulo state, Brazil.

Em áreas naturais há maior densidade de agentes dispersores e a formação de um dossel contínuo, favorecendo assim a dispersão zoocórica (Penhalber e Mantovani, 1997). O predomínio da síndrome de dispersão zoocórica na área de estudo pode ser explicado pela proximidade com a vegetação nativa e a barragem Cabuçu. A faixa de *Pinus elliottii* forma um obstáculo entre a vegetação nativa, a água e o lado oposto da barragem, tornando-se passagem obrigatória para a fauna silvestre.

3.8 *Pinus elliottii* Engelm. no Núcleo Cabuçu

Não foram encontradas referências bibliográficas que indiquem a data do plantio de *P. elliottii* Engelm. na região do Núcleo Cabuçu. Segundo relatos de pessoas da comunidade local, o plantio de *P. elliottii* foi realizado há aproximadamente 25 anos.

Durigan et al. (2004) concluíram que, a longo prazo, o plantio de *Pinus elliottii* pode afetar consideravelmente os processos de regeneração natural, à medida que se intensifica a competição por recursos do meio. No Núcleo Cabuçu pode-se afirmar que há influência negativa de *P. elliottii* para as populações nativas regenerantes.

Foram amostrados 647 indivíduos de *P. elliottii* na área das parcelas utilizadas para o estudo fitossociológico e circunvizinhança de cada parcela. Foi verificado que o espaçamento entre os indivíduos variava de 2 m x 2 m, 2 m x 3 m a 3 m x 3 m. Essa variação, possivelmente, pode ser atribuída ao modelo de plantio que foi utilizado e a morte ou nascimento de alguns indivíduos durante o processo de estabelecimento da população dessa espécie.

O número de indivíduos de *Pinus elliottii* amostrados nas parcelas e circunvizinhança apresentou uma variação expressiva. A parcela seis apresentou um total de 30 indivíduos e a parcela sete, 90 indivíduos. No entanto, a média de indivíduos foi 64,7 por parcela.

Os indivíduos amostrados apresentaram média diamétrica de 31,1 cm e média de altura total de 29,1 m. Modna (2006), estudando uma população de *Pinus elliottii* após onze anos de plantio com espaçamento 3 m x 2 m, encontrou uma média de 13 cm de diâmetro e média de 24 m de altura. Os valores de diâmetro da população estudada vêm corroborar os relatos dos moradores do bairro Cabuçu de que o plantio de *P. elliottii* foi realizado há aproximadamente 25 anos.

O total de indivíduos mortos em pé foi de 5,10%. Quando se compara a média diamétrica dos indivíduos mortos (21 cm) com a média diamétrica dos indivíduos vivos (31,83 cm) é possível verificar que a maioria dos indivíduos mortos são jovens.

Não foram observadas no interior do plantio de *Pinus elliottii* plântulas regenerantes dessa espécie, bem como numa faixa adjacente de 30 m composta de vegetação nativa. No entanto, foi observado um grande número de plântulas de *P. elliottii* no leito da barragem, ou seja, fora da faixa de plantio, corroborando com os estudos de Zanchetta e Diniz (2006) que verificaram o potencial invasor do *P. elliottii* ocupando preferencialmente as áreas alagadas da Estação Ecológica de Itirapina (SP). Segundo Ziller (2000), quanto maior o nível de perturbação das áreas maior é a susceptibilidade das mesmas à invasão por *Pinus*. Segundo essa autora, a contaminação biológica por *Pinus* ocorre, geralmente, em ecossistemas abertos e/ou degradados.

Dado a ausência de regenerantes e a morte precoce dos indivíduos jovens, e a partir dos dados coletados e da análise realizada, pode-se afirmar que a população de *Pinus elliottii* não está em expansão e possivelmente esteja em declínio na área de estudo.

A vegetação de sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. apresentou uma riqueza expressiva de espécies, porém os resultados obtidos com a medição de altura e diâmetro, e a composição florística predominantemente composta por espécies de categorias iniciais, sugerem que há interferência da população de *P. elliottii* sobre o estabelecimento das espécies de categoria sucessional mais avançada.

O manejo da população de *P. elliottii* se faz necessário, pois seu plantio no entorno da barragem se tornou um sítio de dispersão de propágulos, tanto para o leito da barragem como para áreas de capoeiras no entorno do Núcleo Cabuçu. A retirada dos indivíduos de *P. elliottii* dessa área poderá ser realizada sem grandes danos, considerando que a vegetação do sub-bosque se encontra bem estabelecida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, O.T. **Comparação entre os métodos de parcelas e quadrantes na caracterização da composição florística e fitossociológica de um trecho de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual “Carlos Botelho” – São Miguel Arcanjo, SP.** 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ANDRAE, F.H. et al. O sub-bosque de reflorestamentos de *Pinus* em sítios degradados da região da floresta estacional decidual do Rio Grande do Sul, Santa Maria, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 43-63, 2005.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.

ARAGAKI, S. **Florística e estrutura de trecho remanescente de floresta no planalto paulistano (SP).** 1997. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____.; MANTOVANI, W. Estudos estruturais e taxonômicos de trecho remanescente de floresta no Parque Municipal Alfredo Volpi. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1994. v. 2, p. 68-80.

ARZOLLA, F.A.R.D.P. **Florística e fitossociologia de trecho da Serra da Cantareira, Núcleo Águas Claras, Parque Estadual da Cantareira, Mairiporã – SP.** 2002. 184 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BAITELLO, J.B. et al. Flora arbórea da Serra da Cantareira (São Paulo). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 582-590. (**Silvic. S. Paulo**, v. 16A, pt. 1, Edição especial).

BAITELLO, J.B.; AGUIAR, O.T.; PASTORE, J.A. Essências florestais da Reserva Estadual da Cantareira, São Paulo, Brasil. **Silvic. S. Paulo**, v. 17, p. 61-84, 1985.

_____. et al. Estrutura fitossociológica da vegetação arbórea da Serra da Cantareira (SP) – Núcleo Pinheirinho. **Rev. Inst. Flor.**, v. 5, n. 2, p. 133-61, 1993.

BECHARA, F.C. **Restauração ecológica de restingas contaminadas por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho.** 2003. 136 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BUDOWSKI, G. The distinction between old secondary and climax species in tropical central american lowland forests. **Tropical Ecology**, v. 11, p. 44-48, 1970.

CANDIANI, G. **Regeneração natural em áreas anteriormente ocupadas por floresta de *Eucalyptus saligna* Smith. no município de Caieiras (SP): subsídios para recuperação florestal.** 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.

CARDOSO-LEITE, E. et al. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Rev. Inst. Flor.**, v. 16, n. 1, p. 31-41, 2004.

_____.; RODRIGUES, R.R. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de floresta estacional no Sudeste do Brasil. **R. Árvore**, v. 32, n. 2, p. 583-595, 2008.

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.

DISLICH, R.; CERSÓSIMO, L.; MANTOVANI, W. Análise da estrutura de fragmentos florestais no Planalto Paulistano – SP. **Rev. Bras. Bot.**, v. 24, n. 3, p. 321-332, 2001.

DURIGAN, G. et al. Regeneração da mata ciliar sob plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em diferentes densidades. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 363-376.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1984. 62 p. (Manual, 4).

GANDOLFI, S. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, Município de Guarulhos, SP**. 1991. 230 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.E. Levantamento florístico e caráter sucessionial das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GENTRY, A.H. Patterns of neotropical plant species diversity. **Evolutionary Biology**, v. 15, n. 1, p. 1-84, 1982.

GONÇALVES, A.R. et al. Banco de sementes do sub-bosque de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. na flora de Brasília – DF. **Cerne**, v. 14, n. 1, p. 23-32, 2007.

GUIMARÃES, T. Espécie invasora ataca áreas protegidas. **Jornal Folha de São Paulo**, Folha Ciência, 16 maio 2005, p. A13.

HIRATA, J.K.R. **Florística e estrutura do componente arbóreo de trilhas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

IVANAUSKAS, N.M. **Caracterização florística e fisionômica da Floresta Atlântica sobre a formação Pariquera-açú, na Zona da Morraria do Estado de São Paulo**. 1997. 216 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 156 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 384 p.

MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1991. 246 p.

MEDEIROS, M.C.M.P. **Caracterização fitofisionômica e estrutural de áreas de floresta ombrófila densa montana no Parque Estadual da Serra do Mar**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

MISSOURI BOTANICAL GARDENS. **VAST (VAScular Tropicos) nomenclatural database – W3 Tropicos**. Disponível em: <<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

MODNA, D. **Aspectos ecológicos e econômicos do plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii* como facilitadora da restauração da mata ripária em região de Cerrado, Assis, São Paulo**. 2007. 184 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 574 p.

OGATA, H.; GOMES, E.P.C. Estrutura e composição da vegetação no Parque CEMUCAM, Cotia, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 33, n. 3, p. 371-384, 2006.

OLIVEIRA, A.M.S. et al. **Diagnóstico ambiental para o manejo sustentável do Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira e áreas vizinhas do município de Guarulhos**. Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento, Universidade Guarulhos, 2005. v. 2, 109 p. (Relatório FAPESP – Processo 01/02767-0).

OLIVEIRA, R.J. **Variação da composição florística e da diversidade alfa das florestas atlânticas do Estado de São Paulo**. 2006. 146 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PENHALBER, E.F.; MANTOVANI, W. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20, n. 2, p. 205-220, 1997.

PIJL, V.D. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 213 p.

RAMOS, A.A. Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 177-189.

ROSSI, A.; FARIA, A.J.; WENZEL, R. Avaliação do meio físico. In: PLANO de Manejo do Parque Estadual da Cantareira. 2009. p. 55-105. Disponível em: <<http://www.fflorestal.sp.gov.br/media/uploads/planosmanejo/PECantareira/Plano%20de%20Manejo/3.%20Avaliação%20do%20Meio%20Físico.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2010.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. **Núcleo Cabuçu** – Parque Estadual da Cantareira. São Paulo, 2008. (Folder – Série Áreas Naturais).

SEITZ, R.A. et al. A regeneração natural de *Pinus elliottii* em área de campo. In: SIMPÓSIO SOBRE FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA, 1983, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa: MaB: UNESCO: IUFRO, 1983. p. 48-51.

SHEPHERD, G.J. **FITOPAC 1.5**. Campinas: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. p. 96.

SILVA, D.A. **Zoneamento ambiental de um setor do Parque Estadual da Cantareira e entorno seccionado pela Rodovia Fernão Dias (381)**. 2005. 254 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, L.S. et al. A ocupação ao sul do Parque Estadual da Cantareira: um estudo empírico. In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL: DESAFIOS AMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO, 1., 2005, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Universidade Católica de Brasília, 2005. p. 27-47.

SILVA, V.S. **Levantamento florístico e fitossociológico das espécies herbáceas da região de borda do Núcleo Cabuçu, Parque Estadual da Cantareira**. 2006. 107 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976. 357 p.

STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. **Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva do Instituto de Botânica (São Paulo, SP)**. 1985. 213 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TABARELLI, M. **Clareiras naturais e a dinâmica sucessional de um trecho de floresta na Serra da Cantareira, SP**. 1994. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica. **Megadiversidade**, n. 1, p. 130-137, 2005.

WWF-BRASIL. **Unidades de Conservação: conservando a vida, os bens e os serviços ambientais**. São Paulo, SP. 2008. p. 23. Disponível em: <<http://www.amane.org.br/download/unidades.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

KATAHIRA, R.K.; MELO, M.M.R.F. Componente arbóreo sob plantação de *Pinus elliottii*

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F.V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Biológica de Itirapina, SP, Brasil. **Rev. Inst. Flor.**, v. 18, n. único, p. 1-14, 2006.

ZILLER, S.R. **A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná:** diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. 2000. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES DE TRÊS ESSÊNCIAS FLORESTAIS¹

OVERCOMING THE DORMANCY OF SEEDS OF THREE FOREST ESSENCES

Roberto ANDREANI JUNIOR^{2,6}; Renata Danielle CARDOSO³;
Natália Silva Soares dos SANTOS⁴; Sérgio Roberto Garcia dos SANTOS⁵;
Dora Inés KOZUSNY-ANDREANI²

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi analisar diferentes métodos físico-químicos de quebra de dormência de sementes de essências florestais que apresentam impermeabilidade do tegumento: olho-de-cabra (*Ormosia arborea*); olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina*) e cássia-rósea (*Cassia grandis*). As sementes das diferentes espécies foram submetidas às escarificações mecânica, térmica e química. Verificou-se que a escarificação mecânica com o uso de lixa foi o método que proporcionou resultados mais expressivos de germinação das sementes das três essências florestais. O fogo e o ácido sulfúrico também se mostraram métodos eficientes. Os tratamentos com nitrato de potássio (KNO₃) e água a 100 °C não foram eficientes para superar a dormência das sementes das três essências.

Palavras-chave: germinação; escarificação; métodos alternativos; tratamentos pré-germinativos.

ABSTRACT – The objective of this study was to analyze different physicochemical methods for dormancy breaking of forest essences seeds that present integument impermeability: goat's eye (*Ormosia arborea*); dragon's eye (*Adenanthera pavonina*) and cassia-rose (*Cassia grandis*). Seeds from different essences were submitted to mechanical scarification, thermal scarification and chemical scarification. It was found that mechanical scarification using sandpaper provided the most significant results concerning to seeds germination of the three forest essences. Fire and sulfuric acid were also effective methods in overcoming seed dormancy. Treatments with potassium nitrate (KNO₃) and water at 100 °C were not effective to overcome seeds dormancy of the three essences.

Keywords: germination; scarification; alternative methods; pre-germinative treatments.

¹Recebido para análise em 08.06.11. Aceito para publicação em 15.12.11. Publicado *online* em 29.12.11.

²Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, 15600-000 Fernandópolis, SP, Brasil. robertoandreani@uol.com.br; doraines@terra.com.br

³Discente do curso de graduação em Agronomia, Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, 15720-000 Palmeira d'Oeste, SP, Brasil. eng.agronoma.renata@hotmail.com

⁴Objetiva Agrícola, Av. Perimetral Sudeste, 8893, Caixa Postal 414, Jd. Tropical, 78890-000 Sorriso, MT, Brasil. natisosil@yahoo.com.br

⁵Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil. escunagarcia@if.sp.gov.br

⁶Autor para correspondência: Roberto Andreani Junior – robertoandreani@uol.com.br

1 INTRODUÇÃO

A multiplicação de árvores, nativas ou exóticas, depende muitas vezes da quebra de dormência das sementes, o que pode não ser muito simples de se obter.

A dormência pode ser definida como um fenômeno pelo qual sementes de uma determinada espécie, mesmo estando viáveis e tendo as condições favoráveis (luz, temperatura e oxigênio), não germinam. A causa pode ser um ou mais bloqueios à germinação e que podem variar de intensidade. Do ponto de vista da planta, a dormência é benéfica, pois retarda a germinação e a distribui no tempo, impedindo que a semente germine em condições ambientais desfavoráveis (Carvalho e Nakagawa, 2000; Davide e Silva, 2008).

Considerando a produção de mudas, o plantio em campo deve ser no menor espaço de tempo possível, para isto, a germinação deve ser rápida e uniforme, para produzir mudas de boa qualidade, diminuindo os prejuízos e os custos de produção, para tanto, a utilização de tratamentos pré-germinativos assume grande importância neste intento (Guerra et al., 1982; Wendling et al., 2006; Oliveira, 2007).

Com base nos mecanismos presumivelmente envolvidos, a dormência de sementes pode ser classificada em dois grandes grupos: endógena e exógena. A dormência endógena, que também pode ser chamada de embrionária, é causada por algum bloqueio à germinação relacionado ao próprio embrião, mas que eventualmente pode envolver tecidos extraembrionários. A dormência exógena, ou extraembrionária, é causada primariamente pelo tegumento, pelo endocarpo, pelo pericarpo e/ou por órgãos extraflorais, em geral com pouca ou nenhuma participação direta do embrião na sua quebra (Cardoso, 2004).

A dormência exógena ou tegumentar é comum em espécies da família Fabaceae (Leguminosas), na qual estão inseridos os gêneros das essências em estudo (Costa et al., 2010; Lima et al., 2010). Os mecanismos envolvidos nesse tipo de dormência são: impermeabilidade à água e aos gases; barreira mecânica à expansão do embrião; impedimento de lixiviação de inibidores do embrião

e fornecimento de inibidores ao endosperma (Grus, 1990; Figliolia e Piña-Rodrigues, 1995; Fowler e Bianchetti, 2000; Davide e Silva, 2008).

Para aumentar a taxa de germinação e a uniformidade de emergência das plantas, podem ser utilizados diversos tratamentos, tais como: escarificação física com uso de lixa ou água a diferentes temperaturas, calor seco, calor úmido, frio seco ou radiação, escarificação química com soluções ácidas, enzimas ou solventes orgânicos e substâncias estimuladoras da germinação, como o nitrato de potássio (KNO_3) ou ainda reguladores de crescimento (Radhamani et al., 1991 apud Oliveira et al., 2006; Oliveira, 2007).

Braga Junior et al. (2007), ao avaliarem tratamentos pré-germinativos de superação de dormência de unidades de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), observaram que os tratamentos que propiciaram máxima emergência de plântulas foram imersão de unidade de dispersão em água fria por 48 horas, imersão em água a 70 °C por três minutos e escarificação manual com lixa, para superar a dureza tegumentar.

Vários trabalhos são relatados utilizando o ácido sulfúrico (H_2SO_4) em diferentes períodos, como o principal produto químico na superação da dormência das sementes de essências florestais, tais como em leucena (*Leucaena diversifolia* L.) por Souza et al. (2007); sesbania [*Sesbania virgata* (CAV.) Poir.] por Poletto et al. (2007); barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* e *S. polyphyllum*) por Martins et al. (2008); olho-de-dragão (*Adenantha pavonina*) por Kissmann et al. (2008); pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) por Alves et al. (2009); pau-de-jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.) por Pacheco e Matos (2009); orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morang.) por Aquino et al. (2009) e angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis* Benth.) por Azeredo et al. (2010).

A superação da dormência de sementes de *Dioclea violacea* pode ser feita tanto por escarificação química (3 a 5 horas em H_2SO_4) como por escarificação mecânica, sendo a última mais segura e viável economicamente (Zucareli et al., 2010). Resultado semelhante foi obtido por Lopes et al. (1998) com *Cassia grandis*, as sementes escarificadas mecanicamente,

utilizando lixa d'água, e quimicamente com ácido sulfúrico, com tempo de imersão de 60 minutos, apresentaram os maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação das sementes, respectivamente. Pacheco e Matos (2009), em estudo com *Apeiba tibourbou*, identificaram os tratamentos de imersão das sementes em água quente a 80 °C, choque térmico (com ou sem hidratação) e escarificação química durante 1 minuto como os mais eficientes na superação da dormência para esta espécie.

Segundo Matheus et al. (2010), a escarificação mecânica constitui-se em tratamento pré-germinativo eficiente na superação da dormência de sementes de *Erythrina velutina* e *E. falcata*, elevando significativamente a velocidade de emergência de plântulas das duas espécies. O uso de punção ou lixa no tegumento das sementes de olho-de-cabra (*Ormosia arborea*) também apresentou resultados significativos na superação da dormência, conforme foi observado por Figliolia e Crestana (1993). Do mesmo modo a escarificação mecânica sobre uma lixa ou superfície abrasiva também melhora o processo germinativo das espécies de sementes duras, tais como: pata-de-vaca (*Bauhinia divaricata* L.) por Alves et al. (2004); chichá (*Sterculia foetida* L.) por Santos et al. (2004) e barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* e *S. polyphyllum*) por Martins et al. (2008).

A imersão de sementes em nitrato de potássio (KNO_3), para fins de superação de dormência, tem seu uso consagrado em laboratórios, mas seu modo de ação ainda é bastante discutido (Zaratin, 2002). Para Popinigis (1985), o aumento da germinação das sementes com a utilização do nitrato de potássio (KNO_3) pode estar associado à maior disponibilidade de oxigênio durante este processo. Outra explicação para os resultados obtidos com o KNO_3 seria que o contato deste sal com substâncias existentes no tegumento da semente, provocariam o amolecimento deste tecido, e propiciariam trocas gasosas (Franke e Nabinger, 1996). O resultado positivo no controle de dormência de sementes, utilizando KNO_3 , foi observado nos trabalhos de Lucena e Santos (1994) com pitanga (*Stenocalyx michellis*); Ono et al. (1996) com macadâmia (*Macadamia integrifolia*) e Castro et al. (1999) com marinho (*Guarea guidonea*).

Em outros estudos, entretanto, o nitrato de potássio não foi eficiente na quebra da dormência em sementes. Os estudos em questão são Alves et al. (2000) com duas espécies de pata-de-vaca, *Bauhinia monandra* e *B. unguolata*, e Dombroski et al. (2010) com pequi (*Caryocar brasiliense*).

O objetivo deste trabalho foi analisar diferentes métodos físico-químicos de quebra de dormência em sementes de três essências florestais que apresentam impermeabilidade do tegumento: olho-de-cabra (*Ormosia arborea*), olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina*) e cássia-rósea (*Cassia grandis*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Silvicultura da Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, Campus Fernandópolis-SP. As sementes das espécies utilizadas foram coletadas em Penápolis-SP e doadas pela Flora Tietê, localizada na mesma cidade.

As sementes olho-de-cabra (*Ormosia arborea*), olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina*) e cássia-rósea (*Cassia grandis*) foram submetidas a diferentes técnicas (tratamentos) de superação da dormência.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, constando de seis tratamentos com oito repetições cada e dez sementes por parcela. Sendo os tratamentos: 1- escarificação química com ácido sulfúrico (98%); 2- imersão em nitrato de potássio (0,2%); 3- escarificação térmica com fogo; 4- escarificação térmica com água a 100 °C; 5- escarificação mecânica (uso de lixa), e 6- testemunha, na qual as sementes não passaram por nenhum tratamento prévio.

A escarificação mecânica foi realizada com a raspagem das sementes sobre a superfície abrasiva de uma lixa nº 80. Para o tratamento com fogo, as sementes foram colocadas em um becker com álcool, retiradas com uma pinça e colocadas em contato com o fogo por 5 segundos e logo depois colocadas em um becker com água à temperatura ambiente (28 °C) por 60 segundos.

O tratamento com água quente foi realizado através do aquecimento em forno micro-ondas até o ponto de fervura (100 °C) quando a mesma foi derramada sobre as sementes no interior de um becker por 5 segundos.

A escarificação química com ácido sulfúrico (H_2SO_4) foi realizada em um becker, contendo o ácido, onde foram depositadas as sementes, que permaneceram por 5 minutos, quando foram retiradas e dispostas em uma gaze, formando uma trouxa, e amarradas sob uma torneira que permaneceu ligada durante 24 horas com a finalidade de retirar o resíduo do H_2SO_4 . No tratamento com KNO_3 (0,2%), as sementes permaneceram 48 horas na solução.

Após a conclusão das técnicas utilizadas em cada um dos tratamentos, as sementes foram dispostas em caixas do tipo “gerbox” contendo como substrato areia grossa lavada e esterilizada a 120 °C.

A avaliação foi iniciada quatro dias após a instalação do experimento, quando começaram a emergir as plântulas. As contagens das plântulas emergidas foram realizadas a cada três dias. Após 18 dias, o ensaio foi encerrado e os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores médios da porcentagem de germinação das sementes de olho-de-cabra submetidas a diferentes técnicas de superação da dormência. Verifica-se que a escarificação mecânica em lixa nº 80 induziu a germinação de forma mais eficiente que os demais tratamentos. Houve, também, estímulo da germinação quando foi empregado fogo, embora inferior à lixa, não havendo estímulo pronunciado nos tratamentos com ácido sulfúrico, nitrato de potássio e escarificação com água a 100 °C em relação à testemunha.

Esses resultados corroboram os de Fowler e Bianchetti (2000), que verificaram na espécie *Ormosia arborea*, maior eficiência nos métodos de escarificação mecânica com lixa de madeira e a imersão em ácido sulfúrico por 35 minutos. Segundo Teixeira et al. (2009), as sementes de *O. arborea*, sem tratamento para superar a dormência, apresentam baixa taxa de germinação, e o tratamento com escarificação química através da imersão da semente em ácido sulfúrico (100%), por duas horas, mostrou-se o mais eficiente para a redução dos mecanismos de dormência desta espécie.

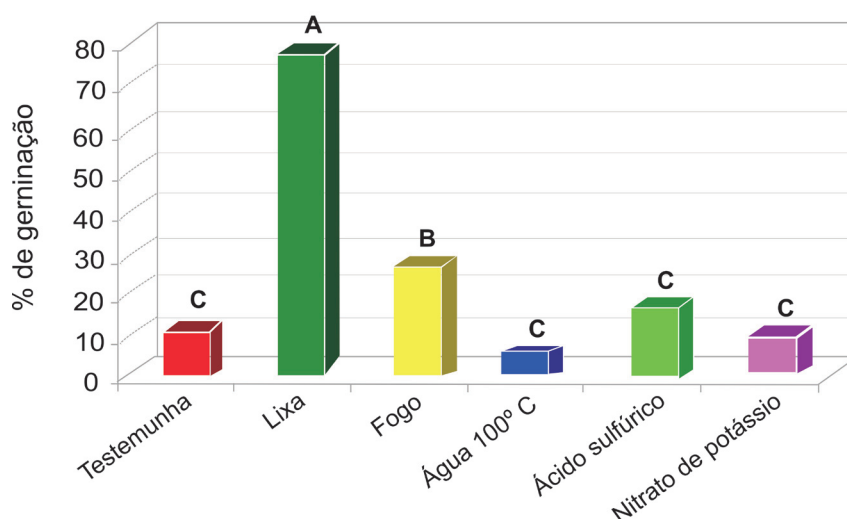


Figura 1. Valores médios da porcentagem de germinação de sementes da espécie olho-de-cabra (*Ormosia arborea*) submetidas a diferentes métodos de superação da dormência, Fernandópolis-SP, 2010.

Figure 1. Mean values for germination of goat's eye seeds (*Ormosia arborea*) submitted to different methods to overcome dormancy, Fernandópolis-SP, 2010.

A escarificação mecânica pelo atrito das sementes contra superfícies abrasivas vem sendo recomendada, com bons resultados quanto a sua eficiência, para canafistula (*Peltophorum dubium* Sprenger Taubert) por Perez et al. (1999) e espinilho (*Acacia caven* Mol.) por Franco e Feltrin (1994). Também Bianchetti e Ramos (1982) concluíram que para a canafistula pode ser utilizado o tratamento de imersão em ácido sulfúrico concentrado por períodos de 4, 6 e 8 minutos e o de escarificação mecânica com lixa de óxido de alumínio nº 80 por 2, 4 ou 6 segundos e que não foi eficiente o tratamento de imersão em água quente (90 °C) mais repouso na mesma água, fora do aquecimento, por 24 horas.

A escarificação mecânica, o fogo e o ácido sulfúrico demonstraram serem os melhores métodos de superação da dormência de sementes de *Adenanthera pavonina*, enquanto a escarificação com água a 100 °C e a solução de nitrato de potássio não foram eficientes em quebrar a dormência destas sementes de olho-de-dragão (Figura 2). Segundo Ribeiro et al. (2009), os tratamentos de imersão em ácido sulfúrico

por 15 e 30 minutos e a escarificação mecânica mostraram-se os mais eficientes para superação da dormência dessa espécie.

Para Rodrigues et al. (2009), com sementes da espécie *Adenanthera pavonina*, a porcentagem máxima de germinação foi com a imersão em H₂SO₄ durante 22 minutos ou abrasão com lixa por 20 segundos. Costa et al. (2010) afirmam que para essa espécie, sementes submetidas à fervura, por 5 e 10 minutos, ficaram deterioradas, o que impediu a germinação, sendo a imersão das sementes em ácido sulfúrico, por 5 e 10 minutos, mais favorável à superação da dormência.

Resultados semelhantes foram obtidos para outra espécie de tegumento duro, a paricarana (*Bowdichia virgilioides*). Segundo Camargo e Ferronato (1999), o tratamento mais adequado para superar a dormência das sementes dessa espécie foi a imersão no ácido sulfúrico por 5 minutos. A utilização do ácido sulfúrico concentrado no período de 5 e 10 minutos, seguido de lavagem em água corrente, foi o método mais efetivo para a quebra da dormência de sementes de sucupira-preta (Fowler e Bianchetti, 2000).

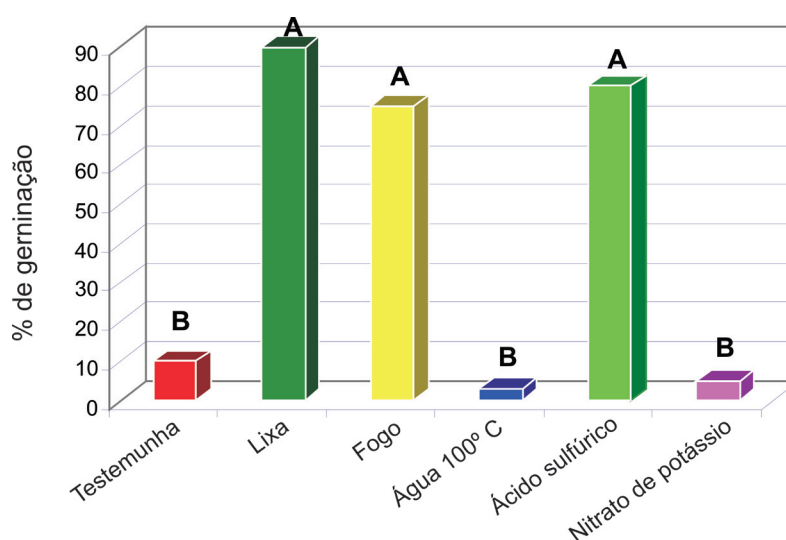


Figura 2. Valores médios da porcentagem de germinação de sementes da espécie olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina*) submetidas a diferentes métodos de superação da dormência, Fernandópolis-SP, 2010.

Figure 2. Mean values for germination of dragon's eye seeds (*Adenanthera pavonina*) submitted to different methods to overcome dormancy, Fernandópolis-SP, 2010.

A germinação de *Cassia grandis* foi estimulada quando as sementes foram escarificadas em superfície abrasiva com lixa nº 80 e fogo (Figura 3). Resultados semelhantes para a escarificação mecânica foram obtidos por Brum et al. (1995) com *Acacia longifolia* Willd; Perez et al. (1999), com canafistula (*Peltophorum dubium*) e França et al. (2007) com jucá (*Caesalpinia ferrea*). Para Escobar et al. (2010), os tratamentos mais eficientes para superação da dormência em sementes de espinilho (*Acacia caven* Mol.) foram a escarificação mecânica com lixa de água nº 80 e o corte na região oposta à micrópila.

A utilização de ácido sulfúrico, apesar de diferir estatisticamente, mostrou tendência positiva quanto à quebra de dormência das sementes de *Cassia grandis* (Figura 3). Para Lopes et al. (2003), o tratamento com ácido sulfúrico, em igual período de imersão, 5 minutos, mostrou-se adequado na superação da dormência de sementes de espécie do mesmo gênero, *Cassia fistula*.

O uso de água a 100 °C, não foi efetivo na quebra da dormência das sementes de *Cassia grandis* (Figura 3), confirmando estudos realizados por Melo e Rodolfo Junior (2006) com a mesma espécie, no qual a imersão das sementes em água a

80 °C por 1, 3 e 5 minutos, não foi eficiente, embora os resultados obtidos por estes autores tenham sido mais drásticos, pois não obtiveram germinação.

Um diferencial desta pesquisa foi a inclusão do nitrato de potássio e do fogo, como tratamentos alternativos, para serem avaliados junto com os tradicionais (escarificação com lixa, ácido sulfúrico e água a 100 °C) em espécies com sementes de tegumento duro, estudando sua eficiência na quebra da dormência das três essências.

O uso do fogo mostrou-se eficiente, pois foi considerado o melhor tratamento para *Adenanthera pavonina* e *Cassia grandis*, e o segundo melhor para *Ormosia arborea*. Raros estudos utilizam esse tipo de tratamento, tendo como exemplo o de Roth (1982), embora o fogo seja citado como um dos fatores ambientais envolvidos na quebra da dormência de sementes (Bryant, 1989).

Para o nitrato de potássio, os resultados não se mostraram interessantes para as três essências analisadas, embora houvesse uma indicação que em espécies leguminosas, de tegumento duro, há um impedimento para o trânsito aquoso e as trocas gasosas, impossibilitando a embebição da semente e a oxigenação do embrião (Grus, 1990).

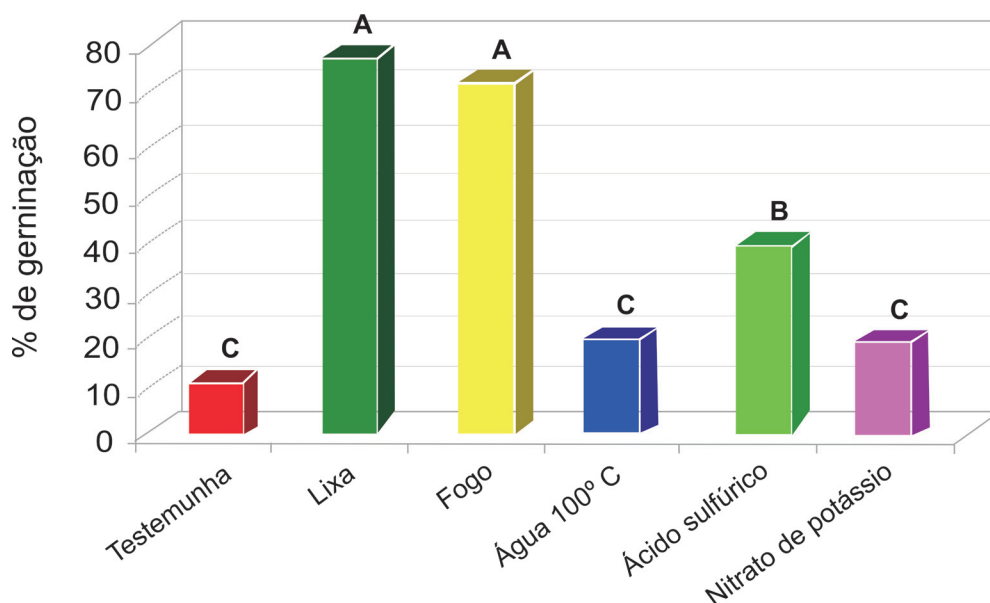


Figura 3. Valores médios da porcentagem de germinação de sementes da espécie cássia-rósea (*Cassia grandis*) submetidas a diferentes métodos de superação da dormência, Fernandópolis-SP, 2010.

Figure 3. Mean values for germination of cassia-rose seeds (*Cassia grandis*) submitted to different methods to overcome dormancy, Fernandópolis-SP, 2010.

Desse modo, a embebição em nitrato de potássio se apresentou como uma possibilidade interessante, pois o contato desse sal com substâncias existentes no tegumento da semente provocaria o amolecimento deste tecido e propiciaria as trocas gasosas (Franke e Nabinger, 1996). Para *Adenanthera pavonina*, por exemplo, o mecanismo provável de dormência é a resistência dos envoltórios à difusão de água e/ou gases ao embrião (Cardoso, 2004).

Dos outros tratamentos, incluídos neste trabalho, dois (ácido sulfúrico e lixa) confirmaram sua eficiência na quebra da dormência de espécies de tegumento duro (Figliolia e Piña-Rodrigues, 1995; Oliveira, 2007). O outro tratamento, imersão das sementes em água a 100 °C, embora indicado para várias espécies (Fowler e Bianchetti, 2000; Medeiros e Abreu, 2005) não foi eficiente em relação ao tratamento testemunha nas três essências pesquisadas.

Sendo assim, dos tratamentos testados, a escarificação mecânica, com a utilização de lixa, foi eficiente nas essências testadas, e a escarificação química, com o uso do ácido sulfúrico, foi considerado o melhor tratamento para *Adenanthera pavonina* e o segundo melhor para *Cassia grandis*.

O tratamento utilizando fogo, em razão dos bons resultados apresentados nas essências testadas, pode ser indicado como uma boa opção, pois apresenta algumas vantagens: baixo tempo de conclusão da técnica, custo baixo, simplicidade da técnica e segurança (em relação ao ácido sulfúrico, relativo a acidentes ao manuseá-lo). Essa técnica, como sugestão, deve ter suas pesquisas aprofundadas para a utilização envolvendo maior número de sementes por tempo de exposição ao fogo, para se conseguir sua efetivação de uso.

4 CONCLUSÕES

Para superação da dormência de sementes são indicados os seguintes tratamentos para cada uma das essências estudadas:

- *Ormosia arborea* (olho-de-cabra) – uso de lixa no tegumento das sementes;
- *Cassia grandis* (cássia-rósea) – a) uso de lixa no tegumento das sementes e b) uso do contato com o fogo no tegumento da semente por 5 segundos, seguido da imersão da mesma em água à temperatura ambiente (28 °C), por 60 segundos;

- *Adenanthera pavonina* (olho-de-dragão) – a) uso de lixa no tegumento das sementes; b) imersão em ácido sulfúrico por 5 minutos, e c) uso do contato com o fogo no tegumento da semente por 5 segundos, seguido da imersão da mesma em água à temperatura ambiente (28 °C), por 60 segundos, e
- os tratamentos com nitrato de potássio (KNO₃) e água fervente (100 °C) não foram eficientes para superar a dormência das sementes das três essências estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A.U. et al. Superação da dormência em sementes de *Bauhinia divaricata* L. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 871-879, 2004.
- ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, A.U. Escarificação ácida na superação da dormência de sementes de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tu. var. *leiostachya* Benth.). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 37-47, 2009.
- ALVES, M.C.S. et al. Superação da dormência em sementes de *Bauhinia monandra* Kurz e *B. unguolata* L. – Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 139-144, 2000.
- AQUINO, A.F.M.A.G. et al. Superação de dormência em sementes de orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morang.). **Revista Verde**, v. 4, n. 1, p. 69-75, 2009.
- AZEREDO, G.A. et al. Superação de dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 49-58, 2010.
- BIANCHETTI, A.; RAMOS, A. Comparação de tratamentos para superar a dormência de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 4, p. 91-99, 1982.
- BRAGA JUNIOR, J.M. et al. Tecnologias para quebra de dormência de unidades de dispersão de juazeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 146, 2007 (suplemento).

- BRUM, E. et al. Superação da dormência em sementes de *Acacia trinervis* (*Acacia longifolia* Willd.). **Informativo ABRATES**, v. 5, n. 2, p. 93, 1995.
- BRYANT, J.A. **Fisiologia da semente**. São Paulo: EPU, 1989. 86 p.
- CAMARGO, I.P.; FERRONATO, A. Comparação de métodos de superação da dormência em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* H.B.K. – Fabaceae-Papilionidae). **Informativo ABRATES**, v. 9, n. 1/2, p. 170, 1999.
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-108.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- CASTRO, E.M. et al. Influência do ácido giberélico e do nitrato de potássio na germinação de *Guarea guidonia* (L.) Sleum. **Revista Árvore**, v. 23, n. 2, p. 255-258, 1999.
- COSTA, P.A. et al. Quebra de dormência em sementes de *Adenanthera pavonina* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 83-88, 2010.
- DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. Sementes florestais. In: DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. (Ed.). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008. p. 11-81.
- DOMBROSKI, J.L.D. et al. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.
- ESCOBAR, T.A. et al. Superação de dormência e temperaturas para germinação de sementes de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (Espinilho). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 124-130, 2010.
- FIGLIOLIA, M.B.; CRESTANA, C. de S.M. Metodologia para quebra de dormência de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Arms. **Informativo ABRATES**, v. 3, n. 3, p. 115, 1993.
- _____.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Manejo de sementes de espécies arbóreas. **IF Sér. Reg.**, n. 15, p. 1-56, 1995.
- FOWLER, A.J.P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 40).
- FRANÇA, P.R.C. et al. Superação de dormência em sementes do *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CUCURBITÁCEAS, 4., 2007, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: ABH, 2007. p. 155. (**Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, 2007, suplemento).
- FRANCO, E.T.H.; FELTRIN, I.J. Quebra de dormência de sementes de espinilho (*Acacia caven* Mol.). **Revista Ciência Rural**, v. 24, n. 2, p. 303-305, 1994.
- FRANKE, L.B.; NABINGER, C. Avaliação da germinação de sementes de seis acessos *Paspalum notatum* Flügge, nativos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 1, p. 102-107, 1996.
- GUERRA, M.P. et al. Comportamento da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro, submetida a diferentes métodos de quebra de dormência e semeadura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 5, p. 1-18, 1982.
- GRUS, V.M. Germinação de sementes de pau-ferro e cassia-javanesa submetidas a tratamentos para quebra de dormência. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 2, n. 6, p. 29-35, 1990.
- KISSMANN, C. et al. Tratamentos para quebra de dormência, temperaturas e substratos na germinação de *Adenanthera pavonina* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 668-674, 2008.
- LIMA, L.C.P.; GARCIA, F.C.P.; SARTORI, A.L.B. As Leguminosae arbóreas das florestas estacionais do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 3, p. 441-466, 2010.
- LOPES, J.C. et al. Germinação de sementes de espécies florestais de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth., *Cassia grandis* L. e *Samanea saman* Merrill, após tratamentos para superar a dormência. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 80-86, 1998.

- LOPES, J.C. et al. Germinação e dormência de sementes de *Cassia fistula* L. **Brasil Florestal**, v. 23, n. 78, p. 67-74, 2003.
- LUCENA, E.M.; SANTOS, R.A. Uso do ácido giberélico e KNO_3 na quebra de dormência de sementes de pitanga (*Stenocalyx michellii*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. p. 1135-6.
- MARTINS, C.C. et al. Métodos de superação de dormência de sementes de barbatimão. **Acta Scientia Agronomica**, v. 30, n. 3, p. 381-385, 2008.
- MATHEUS, M.T. et al. Superação da dormência em sementes de duas espécies de *Erythrina*. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 48-53, 2010.
- MEDEIROS, A.C.S.; ABREU, D.C.A. **Instruções para testes de germinação de sementes florestais nativas da mata atlântica**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2005. 5 p. (EMBRAPA-CNPQ. Comunicado Técnico, 151).
- MELO, R.R.; RODOLFO JÚNIOR, F. Superação de dormência em sementes e desenvolvimento inicial de canafístula (*Cassia grandis* L.f.). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 4, n. 7, não paginado, 2006.
- OLIVEIRA, O. **Tecnologia de sementes florestais**. Curitiba: Imprensa Universitária, 2007. 185 p.
- OLIVEIRA, R.P. de; SCIVITTARO, W.B.; RADMANN, E.B. Escarificação química da semente para favorecer a emergência e o crescimento do porta-enxerto Trifoliata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1429-1433, 2006.
- ONO, E.O. et al. Ação de fitorreguladores e KNO_3 na germinação de sementes de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher). **Científica**, v. 24, n. 1, p. 47-54, 1996.
- PACHECO, M.V.; MATOS, V.P. Método para superação de dormência tegumentar em sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 62-66, 2009.
- PEREZ, S.C.J.G.A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Taub. **Revista Árvore**, v. 23, n. 2, p. 131-137, 1999.
- POLETO, R.S.; DELACHIAVE, M.E.A.; PINHO, S.Z. Superação da dormência de sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) Poir. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 5, n. 9, não paginado, 2007.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289 p.
- RIBEIRO, V.V.; BRAZ, M.S.S.; BRITO, N.M. Tratamentos para superar a dormência de sementes de tento. **Revista Biotemas**, v. 22, n. 4, p. 25-32, 2009.
- RODRIGUES, A.P.D.C. et al. Tratamentos para superação da dormência de sementes de *Adenanthera pavonina* L. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 617-623, 2009.
- ROTH, P.S. **O efeito do fogo sobre a quebra de dormência em sementes de bracaatinga (*Mimosa bracaatinga* Hoehne)**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1982. 6 p. (Circular Técnica IPEF, n. 143).
- SANTOS, T.O.; MORAIS, T.G.O.; MATOS, V.P. Escarificação mecânica em sementes de chichá (*Sterculia foetida* L.). **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2004.
- SOUZA, E.R.B. et al. Efeito de métodos de escarificação do tegumento em sementes de *Leucaena diversifolia* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 142-146, 2007.
- TEIXEIRA, W.F.; RODRIGUES, E.A.; AMARAL, A.F. Estudo de superação de dormência de *Ormosia arborea* sob diferentes testes, para produção de mudas para reflorestamento de áreas degradadas no município de Patos de Minas, MG. **Revista do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Extensão do UNIPAM**, n. 6, p. 26-30, 2009.
- WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

ZARATIN, C. **Armazenamento das sementes associado à embebição, hormônios e KNO_3 na germinação e desenvolvimento inicial de mudas de *Passiflora alata* Dryander.** 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

ZUCARELI, V. et al. Métodos de superação da dormência e temperatura na germinação de sementes de *Dioclea violacea*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1305-1312, 2010, Suplemento 1.

ESTRUTURA GENÉTICA DE PEROBA (*Aspidosperma polyneuron*) NO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL¹

GENETIC STRUCTURE OF (*Aspidosperma polyneuron*) IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Léo ZIMBACK^{2,3,5}; Edson Seizo MORI³;
Paulo Yoshio KAGEYAMA⁴; Hideyo AOKI²

RESUMO – A estrutura genética de *Aspidosperma polyneuron* Muell Arg. (Apocynaceae) foi estudada utilizando a análise de marcadores microssatélites, nas localidades de Bauru, Gália, Avaré, Piracicaba, Valinhos, Teodoro Sampaio, Botucatu, Porto Ferreira, municípios do Estado de São Paulo, e Selvíria (Mato Grosso do Sul) onde foram coletadas folhas para extração de DNA da população de cada local. Foram obtidos sete locos polimórficos e quatro monomórficos. Analisando os locos polimórficos, observou-se que o número de alelos variou de dois a seis, que demonstraram uma alta heterozigosidade ($h_o = 0,5209$). Em oito populações estudadas, os coeficientes de fixação f foram negativos com média de -0,0173 das nove populações e a fixação total F foi 0,1034, enquanto o valor de coancestralidade θ_p entre populações foi 0,1187. Foram também obtidos valores de fixação dentro de populações F_{IS} (-0,0669), fixação total F_{IT} (0,0747) e fixação genética entre populações com F_{ST} (0,1343) e Gst (Hedrick) (0,4875). O fluxo gênico médio obtido Nm foi 1,6121. Exibe estrutura genética típica de espécie alógama, com baixo coeficiente de endogamia e alta heterozigosidade, com isolamento entre populações. A população Piracicaba indicou a maior erosão genética e isolamento; as outras populações ainda mostram a variabilidade original para coletas visando à conservação e melhoramento genético.

Palavras-chave: genética de populações; microssatélites; marcadores moleculares; conservação genética.

ABSTRACT – The genetic structure of *Aspidosperma polyneuron* Muell Arg. (Apocynaceae) was studied with SSR marker analysis, in Bauru, Gália, Avaré, Piracicaba, Valinhos, Teodoro Sampaio, Botucatu, Porto Ferreira (São Paulo state cities), and Selvíria city (Mato Grosso do Sul state), where leaves were collected for extracting DNA from the population of each site. Seven polymorphic and four monomorphic loci were obtained. Analyzing polymorphic loci, allele number ranged from two to six alleles, and showed high heterozygosity ($h_o = 0.5209$). In eight populations the endogamy inbreeding coefficient f was negative, the nine populations average was -0.0173, and total inbreeding coefficient F was 0.1034, meanwhile the coancestry value θ_p among populations was 0.1187. Values of fixation within population F_{IS} (-0.0669), total inbreeding F_{IT} (0.0747), genetic fixation among populations with F_{ST} (0.1343) and Gst (Hedrick) (0.4875) index were also obtained. The average gene flow Nm was 1.6121. It displays genetic structure typical of allogamous species with low inbreeding coefficient and high heterozygosity, with isolation between populations. Piracicaba population showed the greatest genetic erosion and isolation, the other populations still remain the original variability for collections aiming conservation and breeding.

Keywords: population genetics; SSR; molecular makers; genetic conservation.

¹Recebido para análise em 14.09.11. Aceito em 27.12.11. Publicado *online* em 29.12.11.

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

³Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu, SP, Brasil. esmori@fca.unesp.br

⁴Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13480-900 Piracicaba, SP, Brasil. kageyama@carpa.ciagri.usp.br

⁵Autor para correspondência: Léo Zimback – lzimback@terra.com.br

1 INTRODUÇÃO

A peroba (*Aspidosperma polyneuron* Muell Arg.) é uma espécie secundária tardia que ocorre no Brasil e é utilizada como madeira para construção civil (Correa, 1974). As espécies secundárias tardias são muito sensíveis à perturbação antrópica (Kageyama et al., 1990), já que este grupo ecológico surge sob o sombreamento do dossel e sofre mais o perigo de extinção, tanto que, no Estado de São Paulo é encontrada, praticamente, apenas em unidades de conservação. Como as áreas onde ela ocorria já foram muito desmatadas, torna-se prioritário nesse Estado levantar a estrutura genética da espécie para restaurar a diversidade a partir dos fragmentos onde ela ainda existe.

A mutação, migração, seleção e deriva, que operam dentro dos contextos de cada espécie e população (Hamrick, 1982), vão definir a estrutura genética da população não aleatória, podendo também indicar o grau de alteração e/ou vulnerabilidade. Diferentes metodologias vêm sendo utilizadas para caracterizar a estrutura genética de populações. Uma das primeiras preocupações é a verificação da aderência dos dados às proporções de Hardy-Weimberg, que em última análise verifica a presença de associações entre os alelos dentro dos indivíduos (Weir, 1996). Wright (1951) estabeleceu um segundo caso de equilíbrio nas proporções genotípicas e gênicas, no qual as populações podem apresentar um nível de endogamia estável, inerente ao sistema reprodutivo da espécie. Assim, Wright define o coeficiente F como uma medida do desvio do equilíbrio de panmixia nas populações, um indicador do modo de reprodução da espécie que é importante também no melhoramento genético para cálculos do coeficiente de herdabilidade. As estatísticas de F de Wright (1951) ou de Cockerham (Weir e Cockerham, 1984) são utilizadas para modelos aleatórios, enquanto a abordagem de Nei (1978) pode ser utilizada sem a necessidade de pressupostos sobre a natureza das amostragens.

Os microssatélites atualmente são os marcadores codominantes mais utilizados nesses

estudos (Butcher et al., 1999; Byrne et al., 1996; Smith e Devey, 1994), como marcadores genéticos mais neutros do que isoenzimas e com grande número de alelos, o que dá grande poder de análise da diferenciação entre populações e perda de diversidade dentro de populações. Neste trabalho os marcadores microssatélites foram utilizados para estudar a estrutura genética em populações naturais da peroba, com o objetivo de utilizar a estatística F para avaliar taxa aparente de cruzamentos, isolamento das populações e deriva genética, assim como a distância genética entre populações para nortear o método de escolha das populações e indivíduos para a conservação *in situ* e *ex situ*, que deve ser utilizada para repovoar o Estado de São Paulo, podendo também ser utilizada para o melhoramento genético por ser uma espécie madeireira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Populações

Foram coletadas amostras de folhas de 40 árvores em cada um dos nove locais estudados, sendo oito no Estado de São Paulo e um em Mato Grosso do Sul, neste caso próximo à divisa com o Estado de São Paulo, conforme mostra a Tabela 1. O Parque Estadual do Morro do Diabo é a área maior e a mais preservada em população de peroba do Estado de São Paulo. A segunda área em tamanho é a da Estação Ecológica de Caetetus, que já era uma área de reserva com topografia acidentada de uma antiga fazenda de café, que permitiu alguma proteção. As demais áreas são menores e com grande efeito antrópico por eliminação de indivíduos da população, sendo a ocorrência mais esparsa nestas áreas. A única exceção é a Fazenda Edgardia da UNESP de Botucatu, que era um fragmento protegido entre uma área alagada e a íngreme Cuesta basáltica (Serra de Botucatu). Esse isolamento na Fazenda Edgardia não permitiu acesso para o desmatamento na época em que se plantava café.

Tabela 1. Locais de coleta de populações de *Aspidosperma polyneuron*, tamanho dos fragmentos e localização geográfica.
 Table 1. Populations collection sites of *Aspidosperma polyneuron*, size of the fragments and their respective geographic coordinates.

Local (Município)	Área (ha)	Coordenadas geográficas
1. Parque Estadual Morro do Diabo (Teodoro Sampaio–SP)	33.845	22°30'S e 52°16'W
2. Fazenda Edgardia da UNESP (Botucatu–SP)	980	22°52'S e 48°26'W
3. Estação Ecológica de Ibicatu (Piracicaba–SP)	76	22°47'S e 47°49'W
4. Estação Ecológica de Bauru (Bauru–SP)	288	22°14'S e 49°05'W
5. Estação Ecológica de Valinhos (Campinas–SP)	17	22°58'S e 47°01'W
6. Parque Estadual de Porto Ferreira (Porto Ferreira–SP)	612	21°50'S e 47°26'W
7. Floresta Estadual de Avaré (Avaré–SP)	110	23°04'S e 48°55'W
8. Estação Ecológica de Caetetus (Gália–SP)	2.179	22°25'S e 49°41'W
9. UNESP Ilha Solteira (Selvíria–MS)	75	20°22'S e 51°22'W

2.2 Extração de DNA e Eletroforese

O DNA foi extraído de 60 miligramas de peso fresco de folhas conforme metodologia de Ferreira e Gratapaglia (1998), utilizando também centrifugação (13.200 rpm por 5 minutos) para precipitar impurezas químicas do DNA diluído em TE 0.1 x, tomando o sobrenadante como amostra purificada. Após a extração, a amostra foi quantificada para proceder a diluição a 4 ng/μL. Nessa concentração, 1 μL da solução foi utilizado para a reação de PCR adicionando 10 μL contendo 1 μL tampão de reação 10 x; 0,8 μL de MgCl₂ a 25 mM; 2,5 μL de DNTP a 2,5 mM cada nucleotídeo; 0,1 μL de Taq polimerase a 5u/μL; 0,6 μL de mix do par de *primers* microssatélites a 10 pmol/μL e água deionizada esterilizada para completar o volume.

Cada reação foi protegida da evaporação com 15 μL de óleo mineral. As amostras foram submetidas a 92 °C por 2 minutos para a desnaturação, 45 ciclos de 1 minuto a 92 °C, 1 minuto na temperatura de anelamento de cada par de *primers* (50 a 60 °C) e 1 minuto a 72 °C, a seguir incubadas por 6 minutos a 72 °C. Fragmentos gerados por amplificação foram separados de acordo com o tamanho de corrida em gel desnaturante de poliacrilamida 6 % com uréia a 6 Mol/L, mergulhado em tampão 1x TBE

[89 mM Tris (pH 8.3), 89 mM de ácido bórico e 5 mM EDTA] para passar a corrente.

Foram testados *primers* de espécies arbóreas citadas na literatura de diversas famílias botânicas, com a finalidade de tentar transferir para esta espécie algum locus que estivesse conservado na família Apocynaceae, que não possui *primers* desenvolvidos na literatura.

2.3 Análise dos Dados

A caracterização da variação genética das populações foi feita por meio de estimativas das frequências alélicas e da obtenção dos índices de diversidade usuais. As frequências alélicas foram estimadas com o emprego do programa PopGene (Yeh e Yang, 1997), utilizando a seguinte expressão:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{.j}}$$

sendo que:

p_{ij} : estimativa da frequência do alelo i na população j;
 n_{ij} : número de ocorrências do alelo i na amostra da população j, e
 $n_{.j}$: número total de alelos encontrados na amostra da população.

Com esses valores, o número efetivo de alelos, cujo valor fornece uma tendência de distribuição de frequências, foi calculado da seguinte forma:

$$n_e = \frac{1}{\sum p_{ij}^2}$$

A heterozigosidade observada (H_o) foi obtida pela média do número de genótipos heterozigotos em relação ao total de genótipos em cada loco e para as médias dos locos. A heterozigosidade esperada, ou mais apropriadamente, a diversidade gênica (H_e), foi estimada pela média das h_e nos locos, obtida de acordo com a seguinte expressão segundo Nei (1978):

$$h_e = \frac{2n(1 - \sum p_i^2)}{(2n - 1)}$$

em que n : número de indivíduos, e p_i : frequência do i ésimo alelo.

Os índices de fixação f foram obtidos por:

$$f = \frac{(H_e - H_o)}{H_e}$$

Foram também realizados testes para a diferenciação de populações em termos de frequências alélicas, para verificar a existência de diferenças significativas entre elas. As análises foram realizadas por meio do TFPGA (Miller, 1997), no qual a hipótese testada foi que a distribuição das frequências dos alelos seria idêntica nas populações. O programa utiliza a metodologia que emprega reamostragem numérica do tipo Cadeias de Markov.

O teste de Qui-Quadrado foi utilizado para avaliar o desvio de panmixia. Para a caracterização da estrutura genética das populações, foram utilizadas as estatísticas F estimadas pelo método de Weir e Cockerham (1984). O método foi escolhido com base no conceito de amostragem aleatória,

em que as populações divergiram de um ancestral único, do qual as populações em estudo são amostras aleatórias. Com o emprego da análise de variância para cada alelo, foram obtidas estimativas para os coeficientes F , f e θ p das populações amostradas, sendo que F é o coeficiente de endogamia total, f é o coeficiente de endogamia da população e θ p é o coeficiente de coancestralidade, que mede a endogamia gerada pelo efeito de subdivisão, que é um estimador da divergência entre as populações. Além desses parâmetros, foi calculado o G_{ST} (Hedrick) para testar o efeito de divergência genética entre populações, a partir do G_{ST} de Nei obtido no software Fstat de Goudet (2001) com a seguinte expressão:

$$G_{ST \text{ Hedrick}} = \frac{G_{ST}(1 + H_e)}{1 - H_e}; \text{ (Hedrick, 2005).}$$

Os coeficientes foram gerados com o emprego do programa GDA (Lewis e Zaykin, 1999). No programa PopGene também foram estimados os coeficientes de endogamia total F_{IT} , o coeficiente de endogamia da população F_{IS} e o coeficiente que mede a endogamia gerada pelo efeito de subdivisão F_{ST} do modelo de Wright (1978). Foram estimados os coeficientes para as nove populações. Distâncias genéticas de Nei (1978) entre populações também foram estimadas, sendo agrupadas pelo método do UPGMA para criar uma árvore de distâncias genéticas utilizando o Programa TFPGA.

Neste trabalho, o fluxo gênico foi considerado sob o conceito proposto por Ellstrand e Elam (1993) para descrever o movimento de genes entre populações diferentes e isoladas espacialmente. As medidas de fluxo gênico foram feitas mediante duas abordagens indiretas, sendo que a mais tradicionalmente usada, proposta inicialmente por Wright (1951), foi baseada na seguinte expressão:

$$m = \left(\frac{1}{4}\right) \cdot \left(\frac{1}{N_e - 1}\right)$$

sendo: m : taxa de migração, e

N_e : tamanho efetivo de indivíduos na população.

As estimativas foram obtidas neste trabalho com o valor de F_{ST} obtido entre as cinco populações de barbatimão e entre as mesmas populações, duas a duas, com base na expressão apresentada por Slatkin e Barton (1989):

$$Nm = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{F_{ST}} - 1 \right) .$$

As estimativas de fluxo gênico (Nm) foram realizadas por meio do programa PopGene. Para o cálculo de tamanho efetivo populacional (N_e) de cada população considerada isoladamente, utilizou-se a expressão:

$$N_e = \frac{N}{(1 + f)} \text{ (Venkovsky, 1997),}$$

em que: N : número de indivíduos adultos amostrados, e
 f : coeficiente de endogamia intrapopulacional.

Distâncias genéticas de Nei (1978) entre populações também foram estimadas, sendo agrupadas pelo método do UPGMA para criar uma árvore de distâncias genéticas utilizando o Programa TFPGA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram testados os *primers* de soja e de espécies arbóreas (Tabela 2), totalizando 123 *primers* avaliados. Os testes iniciais foram realizados em gel de agarose para identificar amplificações abaixo de 330 pares de bases com temperatura de anelamento de 47 °C onde foram obtidos 29 *primers* com amplificação: o gênero *Cryptomeria* é representado pelo *primer* Cjgssr83; a espécie *Euterpe edulis* apresentou três *primers*: EE15, EE23 e EE48; *Eugenia disenterica* teve os *primers* EMBRA63 e EMBRA172; a espécie *Prunus avium* também com dois *primers* (EMPas08 e EMPas12); a oliveira teve os *primers* GAPU11, GAPU59 e GAPU101; *Cherimoia* com os *primers* LMCH11, LMCH12 e LMCH13; o *Pinus* só mostrou o *primer* PSM4; a *Melaleuca alternifolia*

teve os *primers* Scu039, Scu041, Scu064, Scu127, Scu133 e Scu144; finalmente, o guapuruvú (*Schizolobium parahyba*) com os *primers* Sp1, Sp2, Sp3, Sp4, Sp5, Sp11, Sp13 e Sp15. Foram realizados, também, testes de eliminação de bandas inespecíficas por aumento da temperatura de anelamento.

Dos 29 pares de *primers* que amplificaram, 19 não eram conservados em *A. polyneuron*, apresentando muitas falhas, e 10 eram mais estáveis, sendo que EE48, GAPU101, EMBRA172 e EMPas05 foram monomórficos, enquanto Sp4, GAPU11, Sp11, Scu144, Sp1 e Scu133 foram polimórficos, dos quais o par de *primers* Sp1 mostrou dois locos microssatélites com tamanhos de bandas diferentes.

Esses resultados mostram a transferência de *primers* entre famílias botânicas, sendo o mais comum dentro de famílias (Dayanandan et al., 1997; Brondani et al., 1998; Gaiotto et al., 2001; Zucchi et al., 2003). Mesmo assim, alguns *primers* não são transferidos em algumas espécies dentro da família, mas são totalmente transferidos para outras (Dayanandan et al., 1997), ocorrendo também muitos monomórficos. Portanto, foi utilizado um número grande de *primers* para se obter algum resultado com *primers* de outras famílias que estivessem conservados em *A. polyneuron*.

Analisando a segregação alélica dos locos, observou-se que pouco desequilíbrio de segregação ocorreu (Tabela 3), sendo significativo apenas no locos GAPU11 (Teodoro Sampaio), Sp11 (Selvória), Scu133 (Bauru e Selvória) e ainda Scu144 e Sp1 (Botucatu). A maior diversidade alélica foi observada na população Piracicaba, com média de número de alelos de 3,0 e alelos efetivos de 2,2 em um local isolado por café, algodão e cana por décadas, enquanto a maior diversidade alélica foi observada em Teodoro Sampaio com média de alelos de 3,7 e alelos efetivos de 2,8, que é justamente o maior fragmento estudado e que não está isolado por muito tempo. O número de alelos por loco variou de três alelos (Sp4, Sp11 e Sp1) a seis alelos (Scu144), um número bem menor que o observado nas espécies originais dos microssatélites, ocorrência comum na transferência para outra espécie (Dayanandan et al., 1997). Os *primers* de Sp1 apresentaram dois locos A e B, sendo o loco A com quatro alelos em torno de 100 pares de base e o B com três alelos em torno de 70 pares de base.

Tabela 2. Pares de *primers* avaliados quanto à transferência para *A. polyneuron*.Table 2. Primer pairs tested for the transfer evaluation to *A. polyneuron*.

Espécie	Primers	Referência
<i>Glycine max</i>	SoyPRP1, GMRUBP, BARC-Sat9 e BARC-Sat22	Akkaya et al. (1995)
Leguminosas tropicais	Pel 1, Pel 2, Pel 3, Pel 5, Pel 6 e Pel 7	Dayanandan et al. (1997)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Scu039TT, Scu041TT, Scu045TT, Scu049TT, Scu051TT, Scu052TT, Scu056TT, Scu062TT, Scu064TT, Scu069TT, Scu127TT, Scu131TT, Scu133TT, Scu141TT e Scu144TT	Rossetto et al. (1999)
<i>Prunus avium</i>	EMPaS01 ^A , EMPaS02 ^B , EMPaS04, EMPaS05, EMPaS08, EMPaS11 ^A , EMPaS12 ^A , EMPaS13, EMPaS14 ^A e EMPaS15	Vaughan e Russel (2004)
<i>Annona cherimola</i>	LMCH1, LMCH2, LMCH3, LMCH4, LMCH5, LMCH6, LMCH11, LMCH12, LMCH13, LMCH14 e LMCH16	Escribano et al. (2004)
<i>Eugenia dysenterica</i>	EMBRA14, EMBRA63, EMBRA72, EMBRA122, EMBRA172 e EMBRA210	Zucchi et al. (2003)
<i>Olea europaea</i>	GAPU11, GAPU12, GAPU45, GAPU59, GAPU89 e GAPU101	Carriero et al. (2002)
<i>Cryptomeria japonica</i>	Cjgssr5, Cjgssr7, Cjgssr26, Cjgssr30, Cjgssr31, Cjgssr33, Cjgssr39, Cjgssr77, Cjgssr78, Cjgssr81 e Cjgssr83	Moriguchi et al. (2003)
<i>Schizolobium parahyba</i>	Sp1, Sp2, Sp3, Sp5, Sp6, Sp7, Sp8, Sp9, Sp10, Sp11, Sp12, Sp13, Sp14, Sp15 e Sp16	Kamaus et al. (2003)
<i>Eucalyptus grandis</i>	EMBRA2, EMBRA3, EMBRA4, EMBRA6, EMBRA7, EMBRA10, EMBRA11, EMBRA12 e EMBRA18	Brondani et al. (1998)
<i>Pinus strobus</i>	RPS12, RPS20, RPS25b, RPS84, RPS150 e RPS160	Echt et al. (1996)
<i>Pinus radiata</i>	PR4.6 e PR9.3	Smith e Devey (1994)
<i>Pinus contorta</i>	APC3, APC9, APC11 e APC13	Hicks et al. (1998)
<i>Pinus taeda</i>	PtTX2037, PtTX2034, PtTX3011 e PtTX3029	Elsik et al. (2000)
<i>Pinus taeda</i>	RPTest1 e PRTest9	Echt e Burns (1999)
<i>Pinus sylvestris</i>	PSM2 e PSM4	Kostia et al. (1995)
<i>Euterpe edulis</i>	EE2, EE3, EE8, EE15, EE23, EE43, EE45, EE48, EE54 e EE59	Gaiotto et al. (2001)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	MAP10 e MAP34	Pandey et al. (2004)

Tabela 3. Número de alelos (na), número efetivo de alelos (ne) e desvio-padrão (s) nos locos, assim como os parâmetros heterozigosidade esperada (h_e), heterozigosidade observada (h_o), índice de fixação (f), tamanho efetivo (N_e) com base em 40 plantas e polimorfismo em nove populações de *A. polyneuron*.

Table 3. Number of of alleles (na), effective number of alleles (ne) and standard deviation (s) in the loci, as well as the parameters expected heterozygosity (h_e), observed heterozygosity (h_o), fixation index (f), effective size (N_e) based on 40 plants and polymorphism in nine populations of *A. polyneuron*.

Locus/população		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Sp4	na	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns
	ne	2,9	2,3	2,6	2,9	2,3	3,0	2,6	1,7	2,7	2,9
GAPU11	na	4,0**	1,0 ns	2,0 ns	4,0 ns	4,0 ns	2,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	4,0 ns
	ne	3,2	1,0	1,1	2,2	2,0	1,5	1,7	1,4	1,4	2,7
Sp11	na	2,0 ns	2,0 ns	3,0 ns	2,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0 ns	3,0*	3,0 ns
	ne	1,5	2,0	2,2	1,7	2,2	1,8	2,4	2,2	2,2	2,3
Scul33	na	4,0 ns	4,0 ns	3,0 ns	4,0**	4,0 ns	4,0 ns	3,0 ns	4,0 ns	4,0*	4,0 ns
	ne	2,4	1,9	2,1	2,6	2,6	2,4	2,1	2,4	2,8	2,4
Scul44	na	6,0 ns	6,0*	6,0 ns	6,0 ns	6,0 ns	5,0 ns	5,0 ns	5,0 ns	5,0 ns	6,0 ns
	ne	5,5	5,5	4,0	4,5	3,8	4,1	4,3	3,1	3,1	5,3
Sp1 A	na	4,0 ns	4,0*	3,0 ns	4,0 ns	4,0 ns	4,0 ns	4,0 ns	4,0 ns	2,0 ns	4,0 ns
	ne	2,8	2,3	2,4	3,4	2,4	2,5	2,4	1,9	2,0	2,8
Sp1 B	na	3,0 ns	3,0 ns	1,0 ns	1,0 ns	1,0 ns	1,0 ns	2,0 ns	2,0 ns	1,0 ns	3,0 ns
	ne	1,8	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,1	1,0	1,2
Média	na	3,7	3,3	3,0	3,4	3,6	3,1	3,3	3,4	3,0	3,9
	s	(1,25)	(1,60)	(1,53)	(1,62)	(1,51)	(1,35)	(0,95)	(0,98)	(1,29)	(1,07)
Média	ne	2,8	2,3	2,2	2,6	2,3	2,3	2,4	1,97	2,2	2,8
	s	(1,30)	(1,45)	(1,01)	(1,15)	(0,84)	(1,05)	(0,89)	(0,67)	(0,77)	(1,25)
Parâmetros											
h_e		0,594	0,458	0,442	0,531	0,506	0,480	0,549	0,435	0,466	0,568
h_o		0,593	0,468	0,514	0,571	0,543	0,486	0,586	0,529	0,486	0,521
f		0,002	-0,022	-0,163	-0,075	-0,072	-0,012	-0,068	-0,215	-0,041	0,083
N_e		39,9	40,9	47,8	43,3	43,1	40,5	42,9	51,0	41,7	35,3
Polimorfismo (%)		100,0	85,7	85,7	85,7	85,7	85,7	100,0	100,0	85,7	100,0

**, * e ns: teste de Qui-Quadrado para equilíbrio de segregação.

A heterozigosidade esperada variou de 0,442 (Piracicaba) a 0,594 (Teodoro Sampaio) (Tabela 3), que é uma componente de diversidade genética observada em microsatélites um pouco menor que *Swietenia macrophylla* (Lemes et al., 2003), que é uma espécie da Amazônia e apresentou heterozigosidades esperadas de 0,754 a 0,812 em função de um maior número de alelos por loco, embora *Eugenia dysenterica* (Zucchi et al., 2003), uma espécie de Cerrado, tenha apresentado as heterozigosidades esperadas variando de 0,276 a 0,670 com um grande número de alelos. Em termos de variabilidade, os valores apresentados neste trabalho são altos, levando-se em conta o número de alelos observados que variou de três a seis por serem *primers* transferidos. A heterozigosidade observada, em geral, foi maior que a esperada por população, gerando índices de fixação negativos, principalmente em populações pequenas como a de Piracicaba (-0,163) e Gália (-0,215). Na heterozigosidade total observada ela foi menor, mostrando um índice de fixação positivo (0,0829).

Com esses resultados, o cálculo do tamanho efetivo nas populações variou de 39,9 (Teodoro Sampaio) a 51,0 (Gália) em relação aos 40 indivíduos amostrados. As possibilidades são de heterozigotos vigorosos mais viáveis na seleção natural ou mesmo de autoincompatibilidade esporofítica, pois os valores de fixação diferem da maioria das espécies arbóreas tropicais, como é o caso de *Caryocar brasiliense* estudada por Collevatti et al. (2001), cujo índice de fixação variou de 0,047 a 0,172 e *Swietenia macrophylla* (Lemes et al., 2003), variando de -0,004 a 0,100. Até mesmo o fragmento menor e mais isolado no tempo e espaço, que é Piracicaba, apresentou 47,8 de tamanho efetivo, indicando algum mecanismo de reprodução sem endogamia. Quanto à porcentagem de polimorfismo nos locos, apenas um loco monomórfico foi observado em algumas populações: GAPU11 (Botucatu) e Sp1 B (Piracicaba, Bauru, Campinas, Porto Ferreira e Selvíria), não sendo um grande diferencial de diversidade genética entre populações.

Na análise da estatística F por Weir e Cockerham (1984), cujos resultados se encontram na Tabela 4, o coeficiente de fixação médio das populações foi -0,017, não diferindo estatisticamente de zero e o mesmo ocorrendo para a fixação total (0,103).

No entanto, a fixação por divisão em populações (0,119) foi significativa acima de zero, sendo o efeito mais consistente em *A. polyneuron*, em concordância ao que já foi discutido até o momento. Pelo método de Wright (1978), a estatística F dentro de populações (F_{IS}), fixação total (F_{IT}) e por divisão (F_{ST}) foram -0,067, 0,075 e 0,134, respectivamente, sendo que F_{ST} permite calcular o fluxo gênico aparente que foi da ordem de 1,61 (Tabela 5). Zucchi et al. (2003), trabalhando com *Eugenia dysenterica*, também obtiveram um valor de F_{IS} negativo (-0,017) por esse método, indicando tendência à alogamia, sendo que os valores de F_{IT} (0,238) e F_{ST} (0,250) foram um pouco maiores, mostrando um fluxo gênico de 0,680 inferior ao obtido por *A. polyneuron* (1,612), devido a um isolamento maior entre populações de *E. dysenterica*.

Entretanto, analisando o G_{ST} (Hedrick, 2005) que é mais apropriado para microsatélites, observa-se o valor 0,4875 que, substituindo o F_{ST} por ele na fórmula de fluxo gênico, o valor estimado passa a 0,2629, o qual evidencia um grande isolamento genético entre populações, embora ainda com pouca fixação de alelos e endogamia. Aliado ao longo período até o início de florescimento, essa espécie pode correr o risco de diminuir sua diversidade genética na próxima geração, que é crítico ao considerar a possibilidade de ocorrer mudanças climáticas.

Isso mostra uma grande variação no comportamento das espécies na sua estrutura genética, sendo na maior parte alógamas e intermediárias (Kageyama et al., 2003), variando quanto a mecanismos de cruzamentos e parentesco entre plantas da população, de modo que *A. polyneuron* exibe uma estrutura característica de espécie alógama, ou por seleção de indivíduos heterozigotos vigorosos nas plântulas ou por mecanismos que impedem cruzamentos aparentados. Segundo Martins e Batalha (2006), *A. polyneuron* tem flor tubular de antese noturna polinizada por mariposas, que têm um voo longo podendo alcançar alguns quilômetros. A dispersão de sementes é feita pelo vento, pois a semente é alada e não atinge grandes distâncias, de modo que a síndrome de polinização poderia desenvolver um fluxo gênico, mas o isolamento deve estar acima da capacidade da síndrome.

Tabela 4. Coeficientes de fixação dentro de populações (f), de endogamia total (F) e de fixação entre populações (θ_p) de *A. polyneuron*.Table 4. Endogamy inbreeding coefficients within populations (f), total inbreeding (F), and fixation among populations (θ_p) of *A. polyneuron*.

Locus	Alelo	f	F	θ_p
Sp4	total	-0,000750	0,070391	0,071087
	2	0,032033	0,066406	0,035511
	3	0,027302	0,130984	0,106592
	1	-0,080106	-0,001456	0,072817
GAPU11	total	0,211685	0,601539	0,494541
	4	0,090795	0,246978	0,171780
	2	0,326531	0,717248	0,580155
	3	0,287237	0,683369	0,555770
	1	0,120282	0,546978	0,485037
Sp11	total	-0,008047	0,091824	0,099074
	1	0,055989	0,332280	0,292678
	3	0,020124	0,114284	0,096093
	2	-0,049892	-0,024669	0,024024
Scu133	total	-0,160557	-0,168672	-0,006992
	3	-0,069832	-0,039533	0,028321
	4	-0,060241	-0,067186	-0,006550
	1	-0,231257	-0,256337	-0,020370
	2	-0,174308	-0,189405	-0,012856
Scu144	total	0,109845	0,131056	0,023828
	1	0,112293	0,155410	0,048572
	2	0,125213	0,168722	0,049737
	5	0,071184	0,099337	0,030310
	4	-0,076314	-0,058255	0,016779
	6	0,137913	0,135517	-0,002780
	3	0,255655	0,257757	0,002823
Sp1-A	total	-0,209148	-0,121585	0,072417
	3	-0,172386	-0,023948	0,126612
	4	-0,082255	-0,084356	-0,001941
	2	-0,296104	-0,256888	0,030257
	1	-0,163218	-0,023924	0,119749
Sp1-B	total	0,027292	0,125006	0,100456
	1	-0,050889	-0,023833	0,025746
	3	0,102824	0,207258	0,116403
	2	-0,006363	0,103459	0,109127
Média	—	-0,017393	0,103411	0,118739
Reamostragens	Limites a 95% de probabilidade e 1.000 reamostragens			
	Superior	0,086571	0,291123	0,254228
	Inferior	-0,121850	-0,055011	0,032575

Tabela 5. Coeficiente de fixação dentro de populações (F_{IS}), endogamia total (F_{IT}), fixação devido à subdivisão (F_{ST}), divergência genética de Hedrick (G_{STH}), fluxo gênico (Nm) e fluxo gênico hipotético substituindo F_{ST} na fórmula por G_{ST} de Hedrick (Nm_H) entre todas as populações de *A. polyneuron*.

Table 5. Coefficient of inbreeding within populations (F_{IS}), total inbreeding (F_{IT}), fixing by subdivision (F_{ST}), genetic divergence of Hedrick (G_{STH}), gene flow (Nm) and hypothetical gene flow by replacing in the formula F_{ST} for G_{STH} (Nm_H) among all populations of *A. polyneuron*.

Locus	F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}	G_{STH}	Nm	Nm_H
Sp4	-0,0383	0,0558	0,0906	0,4301	2,5097	0,3313
GAPU11	0,2043	0,5584	0,4450	1,5416	0,3117	-0,0878
Sp11	-0,0724	0,0462	0,1105	0,3784	2,0121	0,4106
Scu133	-0,2117	-0,1915	0,0167	0,0589	14,7080	3,9970
Scu144	0,0354	0,1068	0,0740	0,7347	3,1297	0,0903
Sp01-A	-0,2563	-0,1264	0,1034	0,4632	2,1679	0,2898
Sp01-B	-0,0302	0,1325	0,1579	0,2449	1,3331	0,7708
Média	-0,0669	0,0747	0,1343	0,4875	1,6121	0,2629

O dendrograma de distâncias genéticas (Figura 1) mostra que elas estão abaixo de 0,07 entre as populações, excetuando Piracicaba cujo nó dista geneticamente de 0,125 das outras populações, confirmando a tendência de forte isolamento desta população, já observada nos parâmetros anteriores. São distâncias genéticas pequenas se comparada com uma espécie que apresenta isolamento entre populações, como *Eugenia dysenterica* (Zucchi et al., 2003), com distâncias genéticas variando de 0,02 a 0,55 e correlacionadas com o espaço físico, enquanto no presente trabalho, as populações muito afastadas têm pequena distância genética e o inverso também ocorre. Como *A. polyneuron* é uma espécie de grande longevidade e de fluxo de síndrome de polinização em longas distâncias,

um isolamento por atividade agrícola, por longo período de tempo, seria necessário para iniciar um processo de erosão genética, como é o caso da região de Piracicaba que passou pelo cultivo de café, algodão e, recentemente, a cana-de-açúcar, remontando há quase um século. Dessa forma, essa geração já é fruto de isolamento. As outras regiões ou foram mais recentemente desmatadas e/ou existem ainda muitos fragmentos florestais próximos com a geração original antes do desmatamento. A espécie tinha alta densidade populacional no Estado de São Paulo, tanto que foi muito explorada como importante fonte de madeira para construção, corroborando os dados de Kageyama et al. (2003) que observaram que espécies com alta taxa de cruzamento e alta densidade populacional têm menor divergência entre populações.

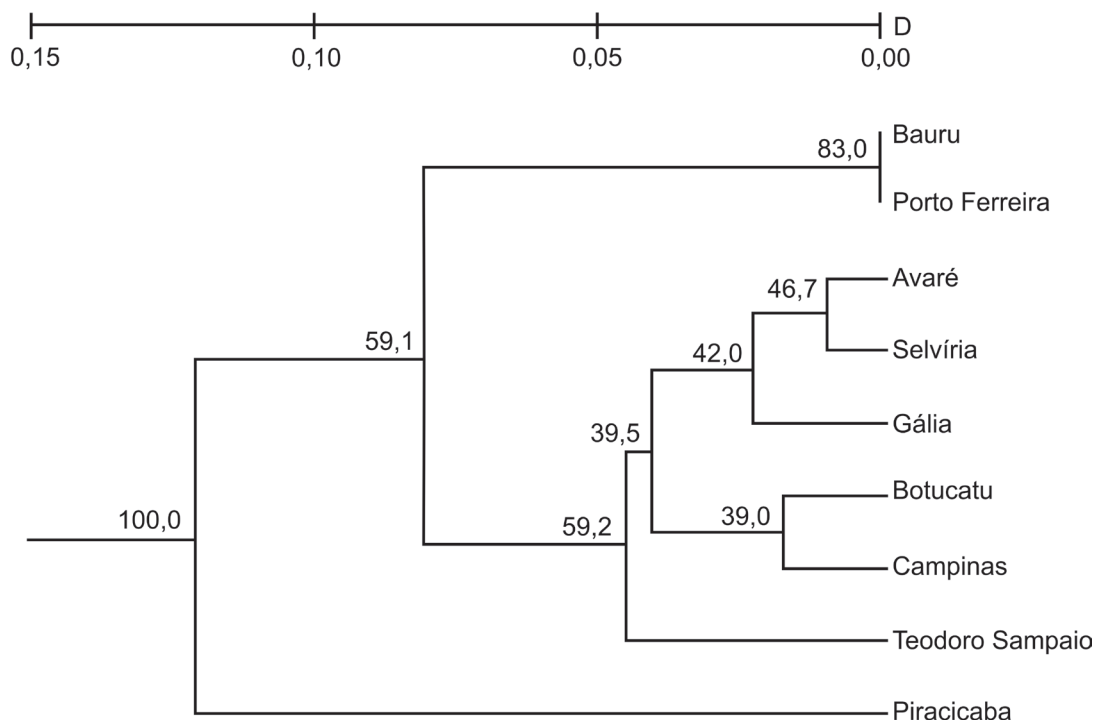


Figura 1. Dendrograma do agrupamento pelo método do UPGMA das distâncias genéticas de Nei (1978) entre populações de *A. polyneuron*, com a porcentagem de reamostragens que sustentam os nós.

Figure 1. Tree clusters of Nei (1978) genetic distances by UPGMA method among *A. polyneuron* populations with bootstraps percentage that sustained the nodes.

Frente aos objetivos deste trabalho, consideramos que *A. polyneuron* exibe estrutura genética típica de espécie alógama, com baixo coeficiente de endogamia e alta heterozigosidade, cujo tamanho efetivo permite uma coleta de indivíduos para conservação com maior tamanho efetivo e áreas menores de conservação *in situ*, em relação a outras espécies intermediárias com a mesma densidade populacional. A estatística F indica que existe isolamento entre populações, embora com pequenas distâncias genéticas entre populações, pressupondo que as coletas devam ser realizadas em vários pontos no Estado de São Paulo. Comparativamente, a população da Estação Ecológica de Ibicatu, em Piracicaba, foi a que indicou maior erosão genética e isolamento, mas, no geral, as outras populações ainda exibem a variabilidade original se observarmos os resultados do Parque Estadual do Morro do Diabo, sendo, portanto, fontes adequadas de diversidade genética para coletas visando ao trabalho de conservação e melhoramento genético.

4 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro ao projeto, aos colegas do Instituto Florestal Wilson Aparecido Contieri, Marlene Francisca Tabanez, Eliana M. R. A. Angerami, Helder Henrique de Faria e ao Prof. Mario Luiz Teixeira de Moraes, da UNESP de Ilha Solteira, pelo apoio na coleta e ao colega Alexandre Magno Sebbenn pelas sugestões de metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKKAYA, M.S. et al. Integration of simple sequence repeat DNA markers into a soybean linkage map. **Crop Science**, v. 35, p. 1439-1445, 1995.
- BRONDANI, R.P.V. et al. Development, characterization and mapping of microsatellite markers in *Eucalyptus grandis* and *E. urophylla*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 97, p. 816-827, 1998.

- BUTCHER, P.A.; GLAUBITZ, J.C.; MORAN, G.F. Aplicaciones de los marcadores microsatélites en la domesticación y conservación de arboles forestales. **Recursos Genéticos Forestales**, n. 27, p. 38-47, 1999.
- BYRNE, M. et al. Conservation and genetic diversity of microsatellite loci in the genus *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, v. 44, p. 331-341, 1996.
- CARRIERO, F. et al. Identification of simple sequence repeats (SSRs) in olive (*Olea europaea* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 104, p. 301-307, 2002.
- COLLEVATTI, R.G. et al. Population genetic structure of the endangered tropical tree species *Caryocar brasiliense*, based on variability at microsatellite loci. **Molecular Ecology**, v. 10, p. 349-356, 2001.
- CORREA, P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1974. v. 4, p. 460-461.
- DAYANANDAN, S.; BAWA, K.S.; KESSELI, R. Conservation of microsatellites among tropical trees (Leguminosae). **American Journal of Botany**, v. 84, n. 12, p. 1658-1663, 1997.
- ECHE, C.S.; BURNS, R. **SSR derived from *Pinus taeda* ESTs**. Disponível em: <http://dendrome.ucdavis.edu/dendrome_genome/ssr-est.html>. Acesso em: 1999.
- _____. et al. Characterization of microsatellite markers in eastern white pine. **Genome**, v. 39, p. 1102-1108, 1996.
- ELLSTRAND, N.; ELAM, D. Population genetic consequences of small population size: implication for plant conservation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 217-242, 1993.
- ELSIK, C.G. et al. Low-copy microsatellite markers for *Pinus taeda* L. **Genome**, v. 43, n. 3, p. 550-555, 2000.
- ESCRIBANO, P.; VIRUEL, M.A.; HORMAZA, J.I. Characterization and cross-species amplification of microsatellite markers in cherimoya (*Annona cherimola* Mill., Annonaceae). **Molecular Ecology Notes**, v. 4, p. 746-748, 2004.
- FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220 p.
- GAJOTTO, F.A.; BRONDANI, R.P.V.; GRATTAPAGLIA, D. Microsatellite markers for heart of palm *Euterpe edulis* and *E. oleracea* Mart. **Molecular Ecology Notes**, v. 1, n. 1-2, p. 86-88, 2001.
- GOUDET, J. **FSTAT**: a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). Disponível em: <<http://www.unil.ch/izea/softwares/fstat.html>>. Acesso em: 2001.
- HAMRICK, J.L. Plant population genetics and evolution. **American Journal of Botany**, v. 69, n. 10, p. 1865-1893, 1982.
- HEDRICK, P.W. A standardized genetic differentiation measure. **Evolution**, v. 59, p. 1633-1638, 2005.
- HICKS, M. et al. The development of RAPD and microsatellite markers in lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*). **Genome**, v. 41, n. 6, p. 797-805, 1998.
- KAGEYAMA, P.Y.; BIELLA, L.C.; PALERMO Jr., A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatório. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v. 1, p. 109-12.
- _____. et al. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, v. 64, p. 93-107, 2003.
- KAMAUS, E.M.; MAYES, S.; BARRETT, A. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Schizolobium parahyba* (Leguminosae). **Molecular Ecology Notes**, v. 3, p. 469-470, 2003.
- KOSTIA, S. et al. Microsatellite sequences in a conifer, *Pinus sylvestris*. **Genome**, v. 38, p. 1244-1248, 1995.
- LEMES, M.R. et al. Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) across the Brazilian Amazon, based on variation at microsatellite loci: implications for conservation. **Molecular Ecology**, v. 12, p. 2875-2883, 2003.

- LEWIS, P.O.; ZAYKIN, D. **Genetic data analysis**: computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d15). Disponível em: <<http://alleyn.eeb.uconn.edu/gda>>. Acesso em: 1999.
- MARTINS, F.Q.; BATALHA, M.A. Pollination systems and floral traits in cerrado woody species of the upper Taquari Region (Central Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66(2A), p. 543-552, 2006.
- MILLER, M.P. **Tools for population genetic analysis (TGFA). 1.3**. [S.l.: s.n.], 1997. (A Windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data. Computer software distributed by the author).
- MORIGUCHI, Y. et al. Development and characterization of microsatellite markers for *Cryptomeria japonica* D. Don. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, p. 751-758, 2003.
- NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583-590, 1978.
- PANDEY, M. et al. Characterization of microsatellite markers in sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.). **Molecular Ecology Notes**, v. 4, p. 253-255, 2004.
- ROSSETTO, M. et al. Abundance and polymorphism of microsatellite markers in the tea tree (*Melaleuca alternifolia*, Myrtaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 98, p. 1091-1098, 1999.
- SLATKIN, M.; BARTON, N.H. A comparison of three indirect methods for estimating average levels of gene flow. **Evolution**, v. 43, p. 1349-1368, 1989.
- SMITH, D.N.; DEVEY, M.E. Occurrence and inheritance of microsatellites in *Pinus radiata*. **Genome**, v. 37, p. 977-983, 1994.
- VAUGHAN, S.P.; RUSSELL, K. Characterization of novel microsatellites and development of multiplex PCR for large-scale population studies in wild cherry, *Prunus avium*. **Molecular Ecology Notes**, v. 4, p. 429-431, 2004.
- VENCOVSKY, R. Biometrical approaches for molecular markers: estimation of effective population size. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY. **Proceedings...** Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. p. 21-22.
- WEIR, B.S. **Genetic data analysis II**: methods for discrete population genetic data. Sunderland: Sinauer Associates, 1996. 445 p.
- _____.; COCKERHAM, C.C. Estimating F – statistics for the analysis of population structure. **Evolution**, v. 38, n. 6, p. 1358-1370, 1984.
- WRIGHT, S. The genetical structure of populations. **Annals of Eugenics**, v. 15, p. 323-354, 1951.
- _____. **Evolution and the genetics of populations**. Chicago: Chicago University Press, 1978. 256 p. (v. 4: Variability within and among populations).
- YEH, F.C.; YANG, R. **POPGENE version 1.20**: Microsoft window-based freeware for population genetic analysis. Edmonton: University of Alberta, Centre for International Forestry Research, 1997.
- ZUCCHI, M.I. et al. Genetic structure and gene flow in *Eugenia dysenterica* DC in the Brazilian Cerrado utilizing SSR markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 26, n. 4, p. 229-457, 2003.

A EFICÁCIA DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA CONTENÇÃO DE ATIVIDADES IMPACTANTES NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ASSIS, SP (NOTA CIENTÍFICA)¹

THE ENVIRONMENTAL LICENSING'S EFFECTIVENESS IN CONSTRAINING ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE BUFFER ZONE OF ASSIS ECOLOGICAL STATION, SÃO PAULO, BRAZIL (SCIENTIFIC NOTE)

Patrícia De Luca VITALLI^{2, 5}; Maria José Brito ZAKIA³;
Giselda DURIGAN⁴

RESUMO – O reconhecimento jurídico da Zona de Amortecimento – ZA de unidades de conservação tem sido considerado o mais forte instrumento para impedir que atividades impactantes sobre os ecossistemas sejam desenvolvidas junto às áreas protegidas. Com o objetivo de analisar a demanda de informação de processos, a natureza das atividades cujo licenciamento foi solicitado e a eficácia das políticas públicas na aplicação da legislação vigente, consultamos 155 processos que tratavam de empreendimentos ao redor da Estação Ecológica de Assis, SP, tomando como base o raio de 10 km a partir do perímetro da UC, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 13/90. No período considerado (1990-2006), que antecedeu a delimitação da ZA e estabelecimento de suas normas em Plano de Manejo, a demanda potencial de análise de pedidos de licença ou autorização ambiental foi, em média, de dez processos por ano, o que corresponde a um processo para cada 6.000 ha por ano, relacionados, em sua maioria, com a conversão do uso da terra, de pecuária para agricultura, o que requer o corte de árvores isoladas e a recuperação de áreas de preservação permanente. Uma vez que apenas 8% dos processos foram encaminhados ao órgão gestor, a demanda real foi inferior a um décimo da demanda potencial. Nos raros casos em que o órgão gestor foi ouvido, o parecer contrário do gestor nem sempre foi suficiente para impedir o licenciamento solicitado. Com base no estudo de caso da Estação Ecológica de Assis, concluiu-se que a legislação correlata ao licenciamento ambiental ao redor de unidades de conservação não foi aplicada de modo a impedir a instalação de atividades potencialmente impactantes aos ecossistemas naturais.

Palavras-chave: legislação; zona de entorno; Resolução CONAMA nº 13/90; áreas protegidas.

ABSTRACT – Legal recognition of the buffer zone of protected areas has been considered the most powerful tool to prevent environmental impacts to the natural ecosystems coming from the surrounding areas. In order to analyze the demand for process analysis, the nature of the activities whose license has been requested and effectiveness of public policies in the implementation of existing legislation, we analyzed 155 cases that dealt with projects around the Assis Ecological Station, SP, based on the 10 km radius from the perimeter of the protected area established by CONAMA Resolution No. 13/90. During the analyzed period (1990-2006), which preceded the definition of the buffer zone and its rules in the management plan, the potential demand for examining applications for the environmental license was, on an average, ten cases per year, which corresponds to a process for every 6,000 ha per year, mostly related to the conversion of land use from pasture to agriculture, which requires the cutting of individual trees and recovery of riparian forests. Since the opinion of the managing institution (Forestry Institute) was requested in only 8% of cases, the actual demand was less than a tenth of the potential demand. In the rare cases where the Forestry Institute was listened, it was not always enough to prevent the licensing approval. Based on the case study of Assis Ecological Station, we concluded that the accomplishment of the existing laws has not been adequate to ensure the effectiveness of the buffer zone.

Keywords: legislation; buffer zone; Resolution CONAMA No. 13/90; natural reserves.

¹Recebido para análise em 09.02.11. Aceito para publicação em 18.10.11. Publicado *online* em 29.12.11.

²Centro Universitário SENAC, Av. Engenheiro Eusébio Stevaux, 823, Santo Amaro, 04696-000 São Paulo, SP, Brasil.

³Práxis Socioambiental, Rua Capitão Alberto Aguiar Weisssohn, 337, casa 5, 08900-000 Guararema, SP, Brasil.

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

⁵Autor para correspondência: Patrícia De Luca Vitalli – Rua Maria Antônia, 77, ap. 905, Vila Buarque, 01222-010 São Paulo, SP, Brasil. patriciavitalli@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas desenvolvidas na área acadêmica quanto aos espaços territorialmente protegidos versam, em sua maioria, sobre os ecossistemas naturais neles contidos e seu funcionamento ou, em alguns casos, sobre a contribuição destas áreas para a efetiva conservação da diversidade biológica (Faria, 1995; Brito, 2000; Terborgh e Schaik, 2002; Lima et al., 2005). Porém, a conservação dos ecossistemas naturais esbarra, geralmente, em questões jurídicas, não só concernentes às leis ambientais, mas também às normas correlatas que regem o direito de propriedade, as relações de vizinhança e a saúde pública, entre outros institutos jurídicos, que raramente são analisados (Vitalli et al., 2009). A abordagem das questões relativas aos recursos naturais, sob o ponto de vista legal, pode contribuir para a solução de conflitos porventura existentes e para aumentar a eficácia da aplicação das leis.

Os conflitos relativos à Zona de Amortecimento de unidades de conservação no Brasil, discutidos por Vitalli et al. (2009), estão entre os mais relevantes para a conciliação de desenvolvimento e conservação da natureza no país (Derani, 1997). Em prol dessa conciliação, os gestores das unidades de conservação possuem uma importante ferramenta, que é o poder de veto sobre atividades potencialmente impactantes em áreas que estejam contidas na Zona de Amortecimento, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 13/90 e, dez anos depois, reforçado pela Lei nº 9.985/00, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Brasil, 1990). O texto da Resolução, em seu artigo 1º, diz que *o órgão responsável por cada unidade de conservação, juntamente com os órgãos licenciadores e de meio ambiente, definirá as atividades que possam afetar a biota da unidade de conservação*. Esse dispositivo foi recentemente alterado pela Resolução CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010,

que diminuiu para 3 km esse raio, o que resulta em redução da área da ZA a uma área muito inferior à abrangida pela legislação anterior.

O conceito de Zona de Amortecimento adotado pelo SNUC mantém a proposta original feita pela United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO, em 1968, por meio do “Programa Homem e Biosfera”. Esse programa concebeu a primeira proposta sobre a Zona de Amortecimento, que era definida como: “terras vizinhas aos parques e reservas onde as atividades humanas se restringem àquelas que manterão a proteção ecológica da área protegida enquanto promovem benefícios às comunidades locais” (Neumann, 1997, tradução nossa). Diz a Lei nº 9.985/00 que a Zona de Amortecimento corresponde *ao entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade* (Brasil, 2000). A Zona de Amortecimento de uma unidade de conservação é estabelecida no Plano de Manejo, que, pelo texto da Lei é o *documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, é estabelecido seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais [...]*. No artigo 27 da mesma lei, fica estabelecido que *as unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo* e no § 1º que: *o Plano de Manejo deve abranger a área da unidade de conservação, sua Zona de Amortecimento e os corredores ecológicos, incluindo medidas com o fim de promover sua integração à vida econômica e social das comunidades vizinhas* (destaque nosso).

Em síntese, a lei prevê que toda unidade de conservação (exceto a Área de Proteção Ambiental e a Reserva Particular do Patrimônio Natural – artigo 25, caput, SNUC) deve ter uma Zona de Amortecimento definida pelo Plano de Manejo, na qual não devem ser realizadas atividades ou instalados empreendimentos que coloquem em risco a integridade dos recursos naturais.

O Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, que regulamenta a Lei nº 9.985/00 estabelece, no inciso VIII do artigo 20, que *compete ao conselho da unidade de conservação manifestar-se sobre obra ou atividade potencialmente causadora de impacto na unidade de conservação, em sua Zona de Amortecimento, mosaicos ou corredores ecológicos* (Brasil, 2002).

O presente estudo abrangeu a Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis (SP), criada pelo Decreto Estadual nº 35.697, de 21 de setembro de 1992 (São Paulo, 1992) e ampliada em 2002 (São Paulo, 2002). Esta unidade de conservação teve seu primeiro Plano de Manejo elaborado em 1995, o qual foi analisado e aprovado pelo Conselho Técnico do Instituto Florestal. Naquela ocasião, o Plano de Manejo não era obrigatório e não existiam regras claras para sua elaboração. A equipe que preparou aquele Plano seguiu o método recomendado por Pádua e Porto (1979), que seguia o sistema proposto pela Food and Agriculture Organization – FAO (Moseley et al., 1976). Não era, então, prevista a delimitação da Zona de Amortecimento. No ano de 2009, o Plano de Manejo da Estação Ecológica de Assis, elaborado segundo o Roteiro Metodológico de Planejamento (Galante et al., 2002), foi atualizado e aprovado pelo CONSEMA (disponível em: http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano_de_manejo/index.asp), passando a incluir os limites da Zona de Amortecimento, que se estende por área total de 18.842 ha (Figura 1).

O presente estudo, porém, foi realizado com base em processos de licenciamento que tramitaram anteriormente à elaboração do Plano de Manejo, portanto, era aplicada a norma segundo a Resolução CONAMA nº 13/90, ou seja, era considerada como Zona de Amortecimento (ou Zona de Entorno) toda a área contida pelo

raio de 10 km a partir do perímetro da Unidade de Conservação – UC. Efetuamos ampla análise de processos que tramitaram no período, com o objetivo de caracterizar a demanda (quantidade e natureza dos pedidos de licenciamento), verificar se os procedimentos esperados foram cumpridos segundo a legislação e se, de fato, foi evitada a instalação de atividades e obras potencialmente impactantes aos recursos naturais da área protegida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram consultados processos que tramitaram no Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais – DEPRN, subordinado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, que era, no período analisado, o órgão responsável pelo licenciamento das atividades e obras que impliquem na supressão da vegetação nativa, corte de árvores nativas isoladas, intervenção em Área de Preservação Permanente – APP e manejo da fauna silvestre, todas essas atividades potencialmente impactantes aos ecossistemas naturais⁶. Esse órgão representava um dos elos da política conservacionista, pois, no exercício do poder de polícia, detinha os mecanismos de comando e controle, ou seja, a concessão ou não da licença ou autorização ambiental de empreendimentos situados ou próximos à Zona de Amortecimento, e a fiscalização, comprometida com a conservação e a preservação dos recursos naturais. Na aplicação das leis, depreende-se, portanto, que os processos de licenciamento que tratassem de propriedades inseridas na Zona de Amortecimento deveriam ser encaminhados, pelo DEPRN, à instituição gestora da unidade de conservação, no caso o Instituto Florestal.

⁶A Lei nº 13.542/09 extinguiu o DEPRN e modificou a estrutura da CETESB, que passou a acumular também o papel de órgão licenciador, que cabia ao antigo órgão extinto (corte de vegetação e intervenções em áreas consideradas de preservação permanente e ambientalmente protegidas).

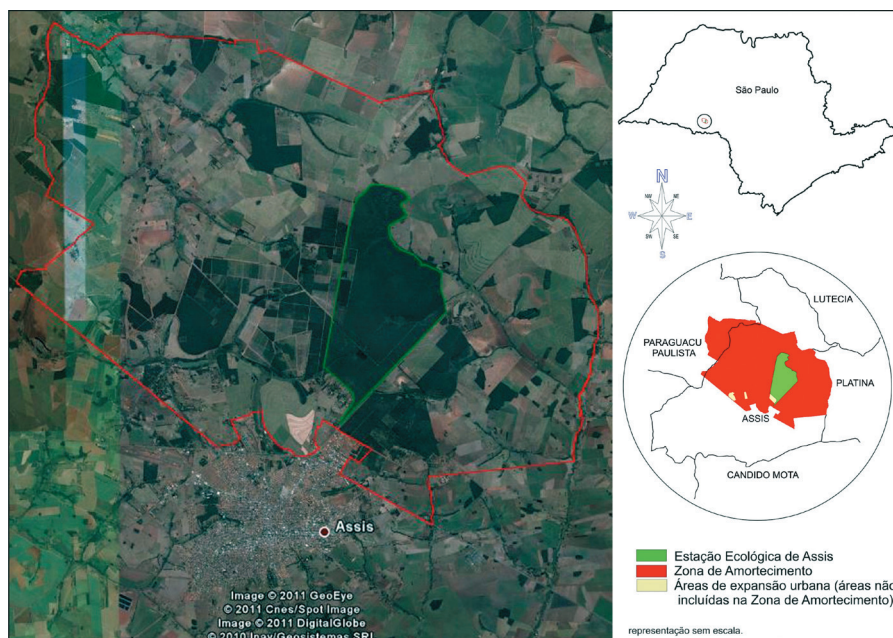


Figura 1. Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis, SP, Brazil.

Figure 1. Buffer Zone of Assis Ecological Station, state of São Paulo, Brasil.

Foram levantados os processos de licenciamento ambiental que tramitaram pelo extinto DEPRN desde a publicação da Resolução CONAMA nº 13/90 (28 de dezembro de 1990) até 9 de agosto de 2006, que tratassem de áreas no interior do raio de 10 km a partir do perímetro da Estação Ecológica de Assis, englobando, além do município de Assis, também parte dos municípios de Platina, Echaporã e Paraguaçu Paulista (cerca de 60.000 ha). Do total de 3.721 processos consultados, somente 155 (4%) tratavam de pedidos de licenciamento de obras inseridas dentro da Zona de Amortecimento da EEcAssis. Para cada um desses 155 processos foram registradas as seguintes informações:

- assunto abordado, referente à natureza do licenciamento;
- se o Instituto Florestal – IF foi ouvido no processo e, nestes casos, se o parecer era favorável e se havia recomendações;
- situações em que os processos foram remetidos para o IF e se as recomendações do IF foram seguidas pelo órgão licenciador, e
- decisão final do órgão licenciador.

As informações obtidas na análise dos 155 processos foram tabuladas e, com base nesses dados,

efetuou-se a caracterização (qualitativa e quantitativa) da demanda, a identificação das ameaças mais frequentes à área protegida em estudo, com base nos pedidos de licenciamento, e uma análise da eficácia das políticas públicas em assegurar o cumprimento das leis vigentes e, portanto, impedir que fossem aprovadas obras ou atividades à revelia do órgão gestor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 15 anos e meio, objeto da análise, foram instruídos 155 processos (dez por ano), ou seja, uma demanda potencial anual de um processo para cada 6.000 ha, em média. Considerando-se que o Plano de Manejo da Estação Ecológica de Assis, aprovado em 2009, delimitou área correspondente a um terço daquela prevista pela Resolução CONAMA nº 13/90, é de se esperar que a demanda de processos que exigem manifestação do gestor seja ainda menor, estimada em três processos por ano a partir de 2009.

Os assuntos mais frequentes nos pedidos de licenciamento (Figura 2) foram intervenções em Área de Preservação Permanente (39% dos processos) e corte de árvores isoladas (34% dos processos).

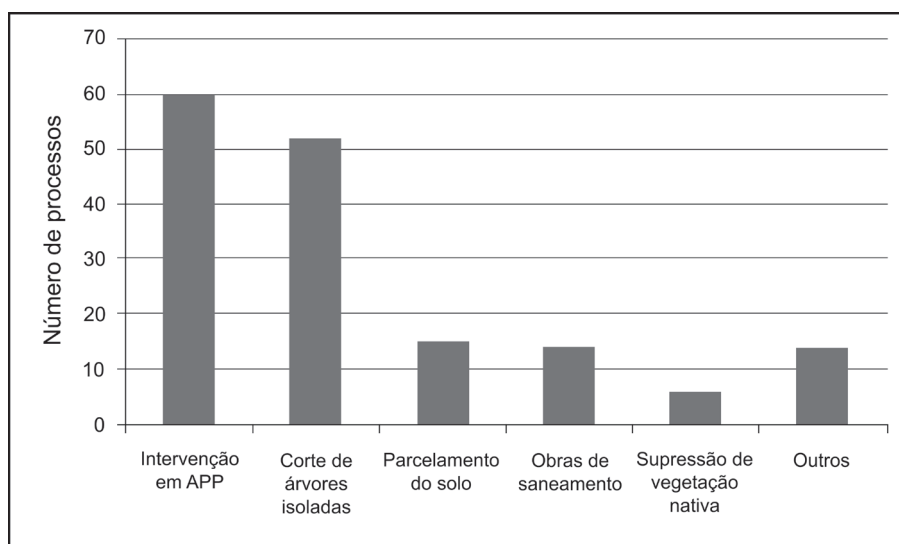


Figura 2. Temas mais frequentes nos pedidos de licenciamento ambiental na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis, SP.

Figure 2. Most frequent subjects of environmental licensing requirements in the Buffer Zone of Assis Ecological Station, São Paulo state, Brazil.

Detalhando-se a natureza das solicitações, constatou-se que os pedidos de intervenção em APP decorriam da intenção de instalar atividade de piscicultura (22 processos) ou da necessidade de compensar as perdas decorrentes do corte de árvores isoladas pelo plantio de restauração da mata ciliar. O corte de árvores isoladas, assunto de 34% dos processos, e os pedidos de supressão de vegetação nativa (4%), em sua quase totalidade, estavam relacionados com a conversão de pastagens em agricultura, geralmente de cana-de-açúcar. Os pedidos que tratavam de obras de saneamento (9% dos processos) compreendiam a instalação de rede de esgotos (dez processos) e aterro sanitário (quatro processos). O parcelamento do solo (8% dos processos) geralmente visava à divisão de sítios em chácaras de lazer.

Em sua grande maioria, os processos de licenciamento ao redor da Estação Ecológica de Assis não tratam de obras ou atividades de alto impacto, tais como indústrias poluentes ou desmatamento em larga escala. O aterro sanitário destaca-se, entre todos os processos, como a ameaça de mais alto impacto (Vitalli e Durigan, 2008), uma vez que se localiza muito próximo aos limites da área protegida e oferece ameaça à fauna silvestre.

Apesar de obrigatória, com base na legislação vigente, a submissão dos autos do licenciamento aos gestores do Instituto Florestal – IF não foi obedecida em 92% dos processos analisados. Dos doze processos que foram remetidos ao IF, nove receberam parecer favorável sem restrições, tratando dos seguintes assuntos: corte de árvores isoladas (sete), implantação de unidade de conservação em área urbana (um) e autorização para desmatamento (um). Nos processos que tratavam de corte de árvores isoladas e, portanto, exigiam plantio como medida compensatória, o IF eventualmente opinou sobre as espécies a serem utilizadas na restauração do ecossistema. Nos três processos restantes, o parecer foi favorável ao solicitado, com condicionantes. Nesses autos, os pedidos de licenciamento abordavam os seguintes assuntos: um processo tratava do corte de árvores isoladas dentro da Zona de Amortecimento, em área prevista para a expansão da Estação Ecológica, outro sobre o licenciamento para a ampliação do aterro sanitário e o terceiro sobre limpeza de açude. Nos autos de processos em que o gestor da unidade colocou restrições, tais restrições não foram acatadas quando da concessão da licença para a ampliação do aterro sanitário e para o corte de árvores isoladas na área prevista para a expansão da Estação Ecológica.

Duas questões se colocam mediante a análise dos dados deste estudo de caso da Estação Ecológica de Assis: 1) por que os processos não foram encaminhados ao órgão gestor? 2) caso tivessem sido encaminhados todos os processos, a instituição gestora (Instituto Florestal) teria tido estrutura para analisar detalhadamente cada caso e emitir parecer circunstanciado? Na tentativa de responder à primeira questão, verifica-se que nem a Resolução CONAMA nº 13/90 e nem a recém-editada Resolução CONAMA nº 428, de 17/12/2010, estabelecem claramente quais são os critérios para o envio dos autos aos gestores das unidades, devendo ser encaminhados aqueles que tratem de “atividades potencialmente impactantes”. Mas o Decreto nº 99.274/90, que embasou a Resolução CONAMA nº 13/90, já determinava que tais atividades deveriam ser indicadas pelo órgão gestor juntamente com o órgão licenciador (Vitalli et al., 2009). Adicionalmente, a Lei nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, determina, em seu artigo 25, § 1º, que *o órgão responsável pela administração da unidade estabelecerá normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da Zona de Amortecimento*, embora não trate das regras para o licenciamento, que continuam sendo estabelecidas pela legislação anterior. Assim, a omissão por parte do órgão licenciador constatada no caso da Estação Ecológica de Assis pode ser atribuída à inexistência, no período analisado, da ZA delimitada e com normas claramente definidas pelo Plano de Manejo. Conforme observado por Oliva (2003), apesar dos avanços recentes que a legislação proporcionou no sentido de mitigar efeitos de borda e manter conectividade entre áreas naturais, isto não tem resultado em ações práticas de delimitação, gestão e manejo da Zona de Amortecimento e efetiva proteção dos recursos naturais das áreas protegidas. Segundo a autora, três fatores principais têm dificultado essas ações: 1) falta de roteiro para a definição da Zona de Amortecimento; 2) a peculiaridade que caracteriza a Zona de Amortecimento de cada unidade, que dificulta a padronização, e 3) a ausência de diretrizes para os gestores, que tendem a tomar decisões subjetivas. A essas razões, se acrescente a inexistência de

Plano de Manejo na maioria das unidades de conservação do país, conforme apontado por Lima et al. (2005).

No período de estudo, a Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis não havia sido delimitada em Plano de Manejo e nem existiam normas indicando atividades potencialmente impactantes. Uma vez que a partir da aprovação do Plano de Manejo tais atividades passaram a ser claramente indicadas, é de se esperar que todos os processos de licenciamento passem a ser regularmente encaminhados ao órgão gestor – o Instituto Florestal. Com a unificação recente dos órgãos licenciadores no Estado de São Paulo, é de se esperar, também, que o procedimento de consulta ao órgão gestor se estenda a processos de licenciamento ou autorização ambiental de qualquer natureza além dos relacionados à supressão de vegetação.

A segunda questão não tem como ser respondida para a instituição gestora ou para o Estado como um todo, uma vez que as peculiaridades regionais relativas ao uso da terra resultam em demandas diferenciadas. Para a região deste estudo, a demanda de análise de processos pelo órgão gestor pode ser considerada muito baixa. Mesmo se todos os processos tivessem sido encaminhados ao gestor da UC, seriam, em média, dez processos por ano, o que corresponderia a um processo para cada 6.000 ha, por ano (demanda potencial). Uma vez que apenas 8% dos processos foram encaminhados ao órgão gestor, a demanda real foi inferior a um décimo em relação à demanda potencial. Considerando-se que a área atual da ZA estabelecida pelo Plano de Manejo corresponde a cerca de 30% da área abrangida pela Resolução CONAMA nº 13/90, a demanda sobre o gestor da UC, para análise de processos de licenciamento ambiental, será ainda menor e não poderá se constituir em um obstáculo para a agilidade da tramitação dos processos e o cumprimento da lei.

4 CONCLUSÕES

No caso da Estação Ecológica de Assis, os pedidos de licença ambiental tratam, geralmente, de atividades relacionadas com a conversão de uso da terra de pecuária para agricultura, que implica o corte de árvores isoladas e a intervenção em áreas de preservação permanente, que foram os dois temas mais frequentes nos autos.

A tramitação esperada para os processos de licenciamento ambiental na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis não foi seguida na maioria dos processos. Além disso, nos raros casos em que o órgão gestor colocou restrições à concessão da licença, esta manifestação não foi decisiva na deliberação final do órgão licenciador. A legislação correlata ao licenciamento ambiental ao redor de unidades de conservação não foi, portanto, aplicada de modo a impedir a instalação de atividades potencialmente impactantes aos ecossistemas naturais no período analisado.

5 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Engenheiro Florestal Antônio Carlos Galvão de Melo, pela contribuição na análise dos processos, ao Instituto Florestal, que proporcionou os recursos necessários para o desenvolvimento da pesquisa, ao então Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais – DEPRN, que autorizou a consulta aos processos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, que concedeu bolsa de mestrado a Patrícia De Luca Vitalli e bolsa de produtividade em pesquisa a Giselda Durigan.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Resolução CONAMA nº 13, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o licenciamento ambiental no entorno de Unidades de Conservação. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, n. 248, 28 dez. 1990. Seção I, p. 25541.
- _____. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4340.htm>. Acesso em: 27 dez. 2010.
- _____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 27 dez. 2010.
- BRITO, M.C.W. **Unidades de conservação: intenções e resultados**. São Paulo: Anablume: Fapesp, 2000. 229 p.
- DERANI, C. **Direito ambiental econômico**. São Paulo: Max Limonad, 1997. v. 1, 297 p.
- FARIA, H.H. Procedimento para medir a efetividade do manejo de áreas silvestres protegidas. **Rev. Inst. Flor.**, v. 7, n. 1, p. 35-55, 1995.
- GALANTE, L.V.G.; BESERRA, M.M.L.; MENESES, E.O. **Roteiro metodológico de planejamento** – parque nacional, reserva biológica, estação ecológica. Brasília, DF: IBAMA, 2002. 136 p.
- LIMA, G.S.; RIBEIRO, G.A.; GONÇALVES, W. Avaliação da efetividade de manejo das unidades de conservação de proteção integral em Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 647-653, 2005.
- MOSELEY, J.; THELEN, K.; MILLER, K. **National parks planning: a manual with annotated examples**. Rome: FAO, 1976. 42 p. (FAO Forestry Paper 6).
- NEUMANN, R.P. Primitive ideas: protected area buffer zones and the politics of land in Africa. **Development and Change**, v. 28, n. 3, p. 559-582, 1997.
- OLIVA, A. **Programa de manejo fronteiras para o Parque Estadual Xixová-Japuá-SP**. 2003. 239 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PÁDUA, M.T.J.; PORTO, E.L.R. **Plano do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil**. Brasília, DF: IBDF, 1979. 107 p.
- SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 35.697, de 21 de setembro 1992. Dispõe sobre a criação da Estação Ecológica de Assis. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 102, n. 180, 22 set. 1992. Seção I, p. 1.
- _____. Decreto Estadual nº 47.097, de 18 de setembro 2002. Dispõe sobre a ampliação da Estação Ecológica de Assis. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 179, n. 179, 19 set. 2002. Seção I, p. 3-4.
- TERBORGH, J.; SCHAİK, C.V. Por que o mundo necessita de parques? In: **Tornando os parques eficientes: estratégias para conservação da natureza nos trópicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002. p. 25-36.

VITALLI, P.D.L.; DURIGAN, G. Diagnóstico de atividades impactantes na Zona de Entorno da Estação Ecológica de Assis (SP) e aspectos jurídicos correlatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 12.; CONGRESSO BRASILEIRO DE DIREITO AMBIENTAL: MUDANÇAS CLIMÁTICAS, BIODIVERSIDADE E USO SUSTENTÁVEL DE ENERGIA, 13., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. v. 1, p. 1049-1067.

_____.; ZAKIA, M.J.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona-tampão de unidades de conservação no Brasil. **Ambiente e Sociedade**, v. 12, n. 1, p. 67-82, 2009.

SAZONALIDADE DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS PLANTADAS DE EUCALIPTO NO EXTREMO SUL BAIANO (NOTA CIENTÍFICA)¹

SEASONAL FIRE IN PLANTED EUCALYPTUS FORESTS IN THE EXTREME SOUTH OF BAHIA (SCIENTIFIC NOTE)

Angélica Otoni Pereira de JESUS^{2, 4};
Caio Pereira dos SANTOS³

RESUMO – A silvicultura está ligada à produção de madeira, tornando-se uma prática tanto lucrativa quanto benéfica para o meio ambiente. No entanto, os incêndios florestais podem colocar essa atividade em risco, devendo haver grande preocupação por parte das empresas do segmento florestal em trabalhos de prevenção e controle de incêndios. A partir da análise de dados da ocorrência de incêndios por três anos consecutivos (2008, 2009 e 2010) nas cidades produtoras de eucalipto no extremo sul da Bahia, foi possível detectar quais os meses mais críticos para a ocorrência de incêndios e que requerem maior atenção para ações de combate. Durante os três anos, a quantidade de áreas queimadas apresentou pouca variação, sendo os meses de setembro e outubro os que se mantiveram constantes em relação à ocorrência. Esses resultados comparados com dados anteriores revelam que os períodos de ocorrência apresentam variações, portanto, devem ser sempre monitorados.

Palavras-chave: silvicultura; focos de incêndio; período de ocorrência; prevenção.

ABSTRACT – Forestry is connected with the production of wood, a practice becoming both profitable and beneficial to the environment. However, forest fires can put at risk this activity, so the companies in the forestry sector must invest in preventing and controlling fires. Based on the analysis of data concerning to fire occurrence in the period of three consecutive years (2008, 2009 and 2010), in the cities producing eucalyptus located at the extreme south of Bahia, it was possible to detect the most critical months for fire occurrence, and which months require more attention to fire fighting. During the three years, the burned areas amount showed little variation and September and October remained constant in relation to the occurrence. The comparison of those results with previous data showed that the periods of occurrence had varied, and thus they should always be monitored.

Keywords: forestry; outbreaks of fire; period of occurrence; prevention.

¹Recebido para análise em 14.09.11. Aceito para publicação em 29.11.11. Publicado *online* em 29.12.11.

²Discente do curso de Ciências Biológicas, Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Educação, Campus X, Av. Kaikan, s/n, Jardim Caraípe, 45999-004 Teixeira de Freitas, BA, Brasil.

³Discente do curso de Engenharia Florestal, Faculdade Pitágoras, Unidade Teixeira de Freitas, Av. Juscelino Kubistchek, 3.000, BR 101, km 879,4, 45998-023 Teixeira de Freitas, BA, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Angélica Otoni Pereira de Jesus – angelicaotoni@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus* são responsáveis por preencher 81,6% das florestas plantadas no Brasil e pertence à Bahia o maior número de áreas plantadas e de colheita por hectare (Associação Brasileira de Celulose e Papel – Bracelpa, 2011), sendo a região extremo sul a maior produtora (Souza e Oliveira, 2002).

Incêndios são uma das principais fontes de prejuízos e danos aos ecossistemas florestais (Medeiros e Fidler, 2003). Incêndio florestal é o termo utilizado para determinar um fogo incontrolável que se espalha livremente e consome diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta (Nunes, 2005), não deve ser confundido com a queima controlada que é utilizada de forma a produzir baixa propagação e favorecer os objetivos de certos tipos de manejo (Soares, 1985).

Incêndios florestais podem ocorrer por causas naturais ou antrópicas (Nunes, 2005). Fatores climáticos e o tipo físico do material em combustão podem influenciar para maior ou menor ocorrência dos mesmos (Nogueira et al., 2002). Na estação seca, fatores como umidade relativa baixa, vegetação seca e ventos fortes podem originar incêndios em grandes escalas (Medeiros e Fiedler, 2003).

A análise dos indicadores do comportamento do fogo é indispensável para sua correta avaliação (Martins, 2010). Couto e Candido (1980) classificam os incêndios florestais em: superficiais, queima do material combustível no sub-bosque; de copas, que atingem a vegetação mais alta e a copa das árvores, e subterrâneos, que queimam a camada de húmus e turfa.

A prevenção pode se tornar chave para evitar grandes prejuízos, além de evitar danos ao meio ambiente e à vida humana (Sant'Anna et al., 2007). A rapidez e a eficiência para localização dos focos de incêndios florestais são de fundamental importância para a viabilização e controle dos focos, redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos (Nogueira et al., 2002). Conhecer as regiões mais suscetíveis a riscos de incêndios torna possível o estabelecimento de programas de prevenção para as mesmas (Soares e Santos, 2002).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência de incêndios florestais de eucalipto cultivado no extremo sul baiano. Especificamente objetivou-se: (i) analisar a sazonalidade da ocorrência de incêndios em espécies de *Eucalyptus* cultivadas no extremo sul baiano; (ii) identificar os períodos críticos de ocorrência de incêndios florestais, e (iii) propor alternativas para prevenção dos incêndios florestais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área objeto deste estudo possui aproximadamente 103.000 ha de plantio de eucalipto. Um grande maciço florestal que tem sua madeira destinada à produção de papel e celulose. Abrange seis importantes cidades, conforme se observa na Figura 1, que são cortadas por importantes rodovias como a BR-101, BR-418 e BA-290, que servem de vias de acesso até as áreas de plantio.

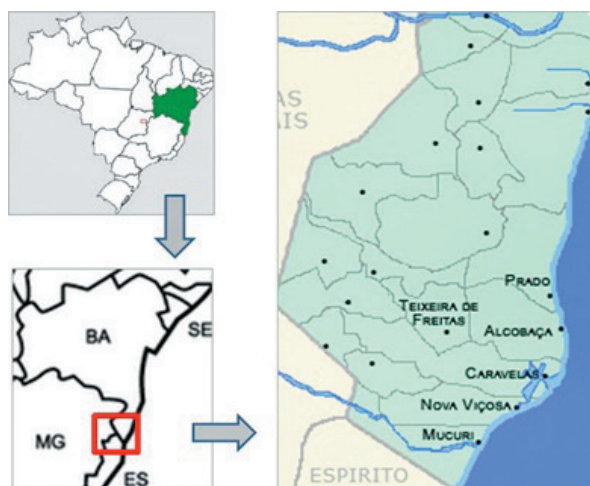


Figura 1. Mapa da região de estudo.

Figure 1. Map of the study region.

Para esta pesquisa, considerou-se os levantamentos de registro de focos de incêndios e área queimada (ha) que ocorreram em 2008, 2009 e 2010, na área anteriormente descrita. Foram analisados os dados referentes à área total queimada, em hectares, mensal e anualmente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de 2008, 2009 e 2010, dos cerca de 103.000 hectares (ha) de plantio de eucalipto foram queimados 9.699,6 ha, totalizando 9,41% da área atingida (Figura 2).

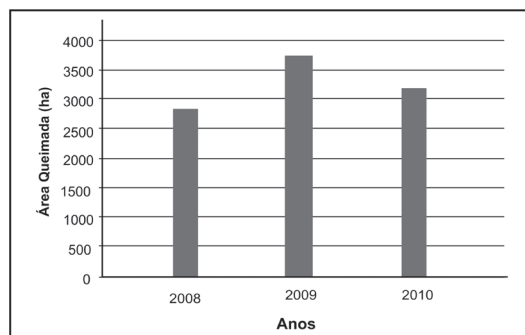


Figura 2. Área queimada (ha) no extremo sul baiano nas florestas de eucalipto em 2008, 2009 e 2010.

Figure 2. Burned area (ha) in the extreme south of Bahia in the eucalyptus forests in 2008, 2009 and 2010.

3.1 Distribuição dos Incêndios Através dos Meses

Pode-se observar que os meses de maior ocorrência de incêndios, em 2008, foram de agosto a novembro, provavelmente por serem meses de temperaturas mais elevadas e baixa umidade relativa do ar (Tabela 1) (dados Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CPTEC/INPE (2011)). Isso conferiu a esses meses condições climáticas favoráveis às queimadas e também à propagação de incêndios já existentes.

Como pode-se observar na Figura 3, o mês que apresentou a maior quantidade de área atingida pelo fogo, em 2008, foi outubro com 1.319,1 ha, seguido pelos meses de novembro com 590,3 ha, setembro com 403,3 ha e agosto com 147,1 ha, a somatória da área atingida foi de 2.459,8 ha que correspondem a 87,43% do total de área atingida em 2008. Nos demais meses, a área atingida não passou de 100 ha, totalizando 353,4 ha, o que correspondeu a 12,56% do total de área queimada.

Tabela 1. Dados de área queimada, precipitação e temperatura em 2008.

Table 1. Burned area data, precipitation and temperature in 2008.

Ano 2008	Hectares (ha)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)
Janeiro	10,10	76,30	26,86
Fevereiro	66,00	78,80	27,24
Março	46,60	142,00	26,36
Abril	44,90	16,10	26,40
Maio	72,10	28,80	24,11
Junho	28,70	150,30	22,37
Julho	22,40	49,20	21,13
Agosto	147,10	36,20	22,02
Setembro	403,30	73,20	22,98
Outubro	1.319,10	48,00	25,14
Novembro	590,30	182,40	24,98
Dezembro	62,60	161,40	25,09

Fonte: CPTEC/INPE (2011).

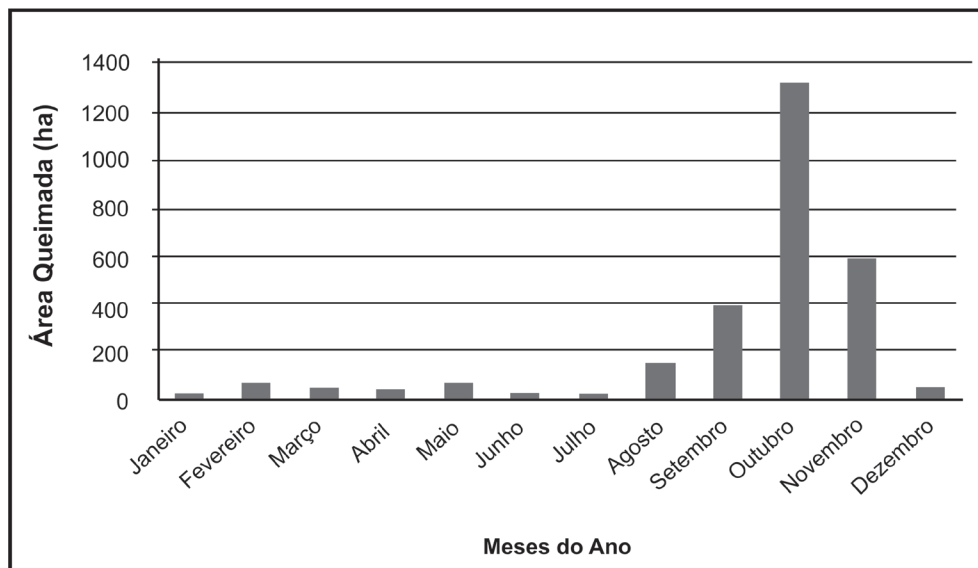


Figura 3. Quantidade de áreas queimadas (ha) nos meses em 2008 no extremo sul baiano.

Figure 3. Burned area amount (ha) in 2008 in the extreme south of Bahia.

Em 2009, os períodos de maiores áreas atingidas foram de janeiro a março e de setembro a dezembro (Figura 4). Dezembro apresentou a maior área atingida, com 877,4 ha queimados. Observa-se, na Tabela 2, que 2009 apresentou baixa precipitação e alta temperatura, condições favoráveis aos incêndios florestais. Na sequência,

os meses que apresentaram maior área queimada foram março com 761 ha, novembro com 508,3 ha, setembro com 478,9 ha, fevereiro com 312 ha, outubro com 267,3 ha e janeiro com 146,6 ha totalizando 3.351,5 ha, correspondendo a 90,29% de toda a porção atingida nesse ano. De abril a agosto, a área total queimada foi de 360,2 ha, correspondendo a 9,70%.

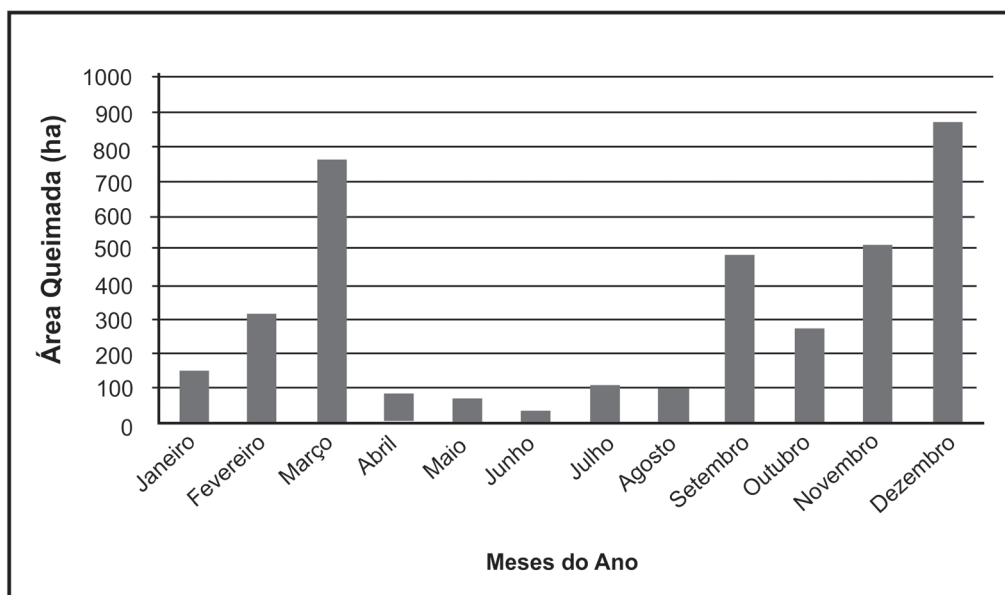


Figura 4. Quantidade de áreas queimadas (ha) nos meses em 2009 no extremo sul baiano.

Figure 4. Burned area amount (ha) in 2009 in the extreme south of Bahia.

Tabela 2. Dados de área queimada, precipitação e temperatura em 2009.

Table 2. Burned area data, precipitation and temperature in 2009.

Ano 2009	Área (ha)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)
Janeiro	146,60	215,00	30,00
Fevereiro	312,00	27,00	31,00
Março	761,00	137,00	30,00
Abril	78,00	148,00	28,00
Maio	61,40	38,00	26,00
Junho	26,10	42,00	25,00
Julho	100,70	33,00	24,00
Agosto	94,00	103,00	25,00
Setembro	478,90	54,00	27,00
Outubro	267,30	166,00	26,00
Novembro	508,30	51,00	28,00
Dezembro	877,40	44,00	29,00

Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Em 2010, o mês com registro de maior área queimada foi janeiro com 1.121 ha, o que pode ser explicado pela baixa precipitação pluviométrica e temperatura mais elevada (Tabela 3), seguido de fevereiro com 503 ha, setembro com 377 ha,

agosto com 259 ha, outubro com 242 ha e dezembro com 235 ha (Figura 5), totalizando 2.737 ha, 86,20% da área atingida nesse ano. Os meses de março a julho e o mês de novembro totalizaram uma área queimada de 438 ha, 13,79%.

Tabela 3. Dados de área queimada, precipitação e temperatura em 2010.

Table 3. Burned area data, precipitation and temperature in 2010.

Ano 2010	Área (ha)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)
Janeiro	1.121,00	10,09	28,69
Fevereiro	503,00	106,95	29,32
Março	128,00	180,80	29,58
Abril	48,00	158,10	28,08
Maio	44,00	17,20	28,56
Junho	66,00	39,30	24,65
Julho	37,00	136,31	22,62
Agosto	259,00	5,90	23,22
Setembro	377,00	86,08	23,76
Outubro	242,00	35,24	25,00
Novembro	115,00	84,95	26,03
Dezembro	235,00	44,85	28,03

Fonte: CPTEC/INPE (2011).

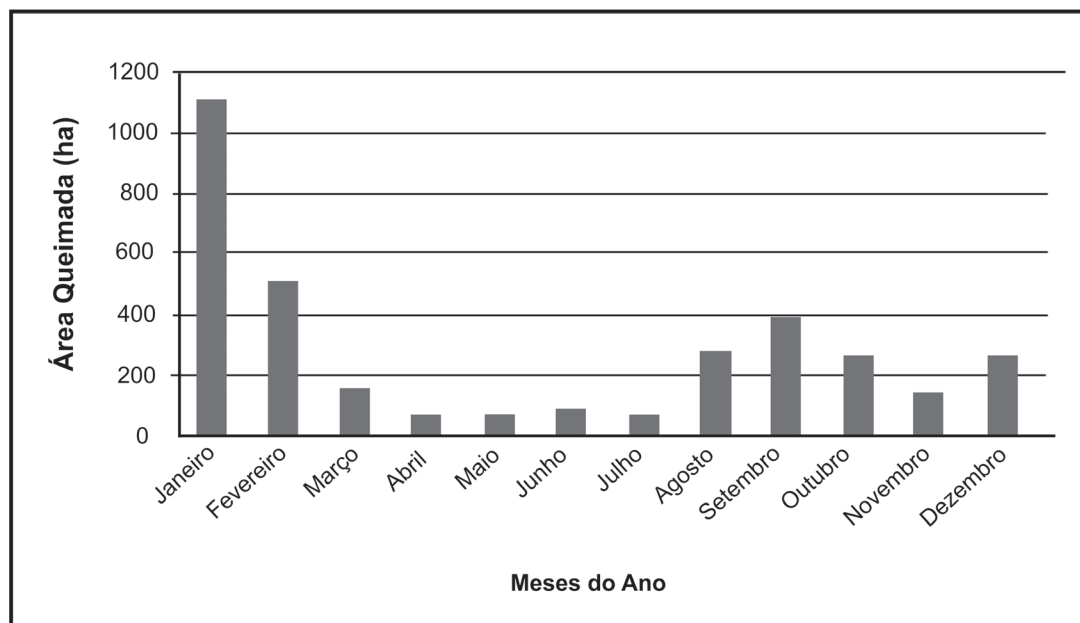


Figura 5. Quantidade de áreas queimadas (ha) nos meses em 2010 no extremo sul baiano.

Figure 5. Burned area amount (ha) in 2010 in the extreme south of Bahia.

A Tabela 4 apresenta os meses mais críticos, ou seja, com maiores áreas queimadas. Nos três anos analisados, setembro e outubro repetem-se no período, portanto, nestes meses a atenção das empresas em relação aos incêndios deve ser redobrada para ações de combate e prevenção.

Janeiro, fevereiro, agosto, novembro e dezembro foram meses críticos em dois anos analisados, deve-se dar atenção também a estes meses a fim de se evitar prejuízos florestais, financeiros e ambientais. O mês considerado crítico apenas uma vez no período analisado foi março, mesmo assim é importante que a empresa esteja atenta, pois se este mês se apresentou como crítico um ano, poderá se tornar crítico em anos posteriores. Os meses de abril, maio, junho e julho apresentaram temperaturas mais baixas, o que dificultou o surgimento de incêndios e os classificou como meses menos críticos.

Soares (1989) observou que na década de 1980 os estados da Bahia e do

Espírito Santo apresentaram uma distribuição uniforme de incêndios florestais durante os meses. No entanto, Borges (2009) demonstra que para o Estado do Espírito Santo os meses de maior ocorrência de incêndios vão de julho a outubro, enquanto para o extremo sul da Bahia este índice varia entre os meses de agosto a março. Os dados deste estudo concordam com Borges (2009) em relação ao extremo sul da Bahia.

Sant'Anna et al. (2007) consideraram como meses mais críticos, em Minas Gerais, de julho a outubro, correspondendo a 75% das ocorrências de incêndios, já no Distrito Federal foram julho, agosto e setembro que coincidem com a época de menor precipitação, menor umidade relativa do ar e altas temperaturas. Comparado com os dados desta pesquisa, o mês de setembro também foi crítico, no entanto, julho foi considerado como um dos meses de menor ocorrência de incêndios florestais.

Tabela 4. Meses considerados críticos em área atingida por incêndios que se repetiram no decorrer de 2008, 2009 e 2010.

Table 4. Months considered critical in an area affected by fires that were repeated over the years 2008, 2009 and 2010.

Meses	Ano 2008	Ano 2009	Ano 2010	Σ da repetição dos meses nos três anos
Janeiro		X	X	2
Fevereiro		X	X	2
Março		X		1
Abril				0
Maio				0
Junho				0
Julho				0
Agosto	X		X	2
Setembro	X	X	X	3
Outubro	X	X	X	3
Novembro	X	X		2
Dezembro		X	X	2

Fonte: CPTEC/INPE (2011).

3.2 Planejamento e Ações de Prevenção e Combate

A constante vigilância e a rápida identificação dos focos de incêndio colaboram para melhor eficácia aos combates. O treinamento das equipes melhora a qualidade das ações iniciais de combate aos focos de incêndio e evita que o fogo atinja grandes dimensões. Trabalhos de conscientização junto à população local são de grande importância (Oliveira et al., 2000), pois o emprego do fogo é uma prática comum em regiões de menor tecnificação no meio rural (Lara et al., 2007), o que pode ocasionar incêndios florestais acidentais.

É fundamental o controle do fogo através de ações de prevenção, pouco disseminadas na região, como o isolamento de combustíveis, medida conhecida como abertura de aceiro (Medeiros e Fidler, 2003), esta não deve apenas ser feita, mas mantida, evitando-se a continuidade do incêndio. O conhecimento da ocorrência de incêndios permite também a mensuração

do material e estrutura necessários à detecção, prevenção e combate aos incêndios florestais.

4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A área total queimada, nos três anos analisados, apresentou pequena variação. Nesse período, os meses que se mantiveram constantes em relação aos incêndios florestais foram setembro e outubro.

Os planos de ação, com o intuito de reduzir os prejuízos com os incêndios florestais, propostos para a área em estudo, são a montagem de uma estrutura de combate e prevenção com a abertura e manutenção de aceiros e, principalmente, a conscientização da comunidade do entorno.

Os levantamentos das áreas queimadas e horários de maior ocorrência dos incêndios devem ser realizados continuamente, devido às mudanças climáticas que estão ocorrendo ao longo dos anos, o que pode ocasionar mudanças também na ocorrência de incêndios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. **Relatório Florestal 2009**. São Paulo. Disponível em: <[http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/public/RA02-Relatorio Florestal_2009.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/public/RA02-Relatorio_Florestal_2009.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2011.

BORGES, T.S. **Desempenho de índices de risco de incêndios em florestas plantadas no Espírito Santo**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS – CPTEC/INPE. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

COUTO, E.A.; CANDIDO, J.L. **Incêndios florestais**. Viçosa-MG: Imprensa Universitária da UFV, 1980. 101 p.

LARA, D.X.; FIEDLER, N.C.; MEDEIROS, M.B. Uso do fogo em propriedades rurais do cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2007.

MARTINS, S.D.R. **Incêndios florestais: comportamento, segurança e extinção**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos) – Faculdades de Letras, Ciência e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.

MEDEIROS, M.B.; FIEDLER, N.C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2003.

NOGUEIRA, G.S. et al. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. **Árvore**, v. 26, n. 3, p. 363-369, 2002.

NUNES, J.R.S. **FMA+ – um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. 2005. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, A.C.; FREITAS, G.D.; MOURA, M.A. Campanhas de prevenção a incêndios florestais na V&M Florestal. **Floresta**, v. 30, n. 1/2, p. 3-9, 2000.

SANT'ANNA, C.M.; FIEDLER, N.C.; MINETTE, J.L. **Controle de incêndios florestais**. Alegre: Suprema, 2007. 152 p.

SOARES, R.V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1985. 213 p.

_____. Forest fire in Brazilian industrial plantations and protected public lands. In: SYMPOSIUM OF FIRE ECOLOGY IN TROPICAL AND SUBTROPICAL LANDS, 3., 1989, Freiburg. **Proceedings...** Freiburg: University of Freiburg, 1989. p. 5-6.

_____.; SANTOS, J.F. Brazilian forest fires statistics in two periods: 1983/1987 and 1994/1997. In: VIEGAS, D.X. (Ed.). **Forest fire research & wildland fire safety**. Rotterdam: Millpress Sciences Publishers, 2002. p. 219-232.

SOUZA, R.L. de; OLIVEIRA, M.J.L. de. Desempenho da indústria de papel e celulose de mercado: Brasil e Bahia 1999/2001. **Conjuntura & Planejamento**, v. 1, p. 19-29, 2002.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Apresentação

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

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

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

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

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

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

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

Normas para Encaminhamento e Apresentação dos Originais

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

Editor-Chefe da Comissão Editorial

Instituto Florestal

comissaoeditorial@if.sp.gov.br

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

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

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

É necessário obedecer a seguinte padronização:

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

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

Normas para Citação no Texto

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Normas para Referências Bibliográficas

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

Exemplos:

- ***Livro***

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

- ***Capítulo ou Parte de Livro***

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

- ***Dissertação/Tese***

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

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

- ***Artigo de Periódico***

YAMAMOTO, L.F.; KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecidual Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 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, sobreplotadas, ameaçadas de sobreplotação 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.



INSTITUTO
FLORESTAL

SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO